COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1882.

PRÉSIDENCE DE M. JAMIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observations des petites planètes, faites au grand instrument méridien de l'Observatoire de Paris pendant le troisième trimestre de l'année* 1882. Communiquées par M. Mouchez.

Dates. 1882.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Correction de l'éphémér.	Distance polaire.	Correction de l'éphémér.
		(24) Themis.			
	h m s	h m s		° ′ ″	″
Juill. 12....	10.10. 6	17.32.51,54	»	114.14.11,9	
		(32) Pomone.			
			s		
Juill. 12....	11.37. 2	19. 0. 1,76	— 3,18	104.27.14,7	+ 3,3
13....	11.32.11	18.59. 7,10	— 3,00	104.28.16,7	+ 2,2
18....	11. 8. 7	18.54.41,54	— 2,91	»	»
21....	10.53.49	18.52.11,37	— 2,79	»	»
22....	10.49. 5	18.51.22,98	— 2,94	104.40.13,5	+ 3,8
		(90) Antiope.			
Juill. 13....	11. 3.21	18.30.11,85	— 1,89	115. 9. 5,9	— 6,2
21....	10.26.10	18.24.27,51	»	115.17. 0,3	»

Dates. 1882.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Correction de l'éphémér.	Distance polaire.	Correction de l'éphémér.
		(3) Junon.			
	h m s	h m s	s	° ′ ″	″
Juill. 21....	11.41. 5	19.39.34,40	+ 4,72	94.58. 2,2	— 3,0
22....	11.36.16	19 38.41,46	+ 4,63	95. 2.46,2	— 4,2
26....	11.17. 3	19.35.12,04	+ 4,44	95.23. 5,1	— 4,6
Août 3....	10.39. 0	19.28.34,74	+ 4,40	96. 9.13,4	— 2,6
4....	10.34.17	19.27.47,97	+ 4,34	96.15.25,2	— 2,5
11....	10. 1.45	19.22.46,40	+ 4,31	97. 0.52,3	— 0,8
14....	9.48. 5	19.20.53,07	+ 4,20	97.21. 9,5	— 2,6
16....	9.39. 4	19.19.43,82	+ 4,30	97.34.54,3	— 1,7
17....	9.34.35	19.19.11,11	+ 4,32	97.41.49,5	— 1,0
Sept. 4....	8.18. 7	19.13.28,15	+ 4,07	99.46. 7,4	— 1,7
		(2) Pallas.			
Août 3....	11.46.38	20.36.23,81	— 0,66	75.10.52,6	— 0,5
4....	11.41.55	20.35.37,05	— 0,53	75.18.44,7	— 0,2
11....	11. 9. 8	20.30.15,27	— 0,54	76.19.43,0	+ 1,2
16....	10.45.47	20.26.37,60	— 0,55	77. 8.56,6	0,0
17....	10.41. 9	20.25.55,73	— 0,62	77.19.17,6	+ 0,1
23....	10.13.38	20.21.59,90	— 0,67	78.24.20,9	— 0,2
Sept. 2....	9.28.57	20.16.36,95	— 0,65	80.21. 4,5	+ 0,5
8....	9. 2.58	20.14.12,98	— 0,63	81.33.45,8	— 0,5
10....	8.54.28	20.13.34,33	— 0,42	81.58. 8,8	0,0
14....	8.37.41	20.12.30,85	— 0,44	82.46.48,6	+ 0,2
		(9) Métis.			
Août 3....	11.55.16	20.45. 3,35	— 3,96	116.27.17,1	+10,7
4....	11.50.19	20.44. 1,67	— 3,65	116.31.59,7	+11,0 (1)
11....	11.15.42	20.36.54,91	— 3,88	117. 1. 3,9	+ 8,0
16....	10.51.16	20.32. 8,41	— 3,74	117.17.18,3	+ 8,6 (1)
		(138) Tolosa.			
Août 3....	12.22. 6	21.11.57,80	+ 7,30	112.42.35,1	—26,1
4....	12.17.16	21.11. 3,91	+ 7,40	112.46.57,5	—30,1 (1)
11....	11.43.27	21. 4.44,51	+ 7,36	113.14.52,5	—28,6
16....	11.19.28	21. 0.24,93	+ 7,56	113.30.37,6	—24,2 (1)
17....	11.14.43	20.59.35,08	+ 7,29	113.33.15,6	—25,0

(1) La position très basse de la planète et les conditions atmosphériques défavorables rendent ces observations un peu douteuses.

Dates. 1882.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Correction de l'éphémér.	Distance polaire.	Correction de l'éphémér.
		(59) Elpis.			
	h m s	h m s	s	° ′ ″	″
Août 3....	12.31.58	21.21.51,15	+ 0,19	97. 9.12,2	+ 0,4
4....	12.27.16	21.21. 5,11	+ 0,23	97.15.26,1	— 3,4
11....	11.54.15	21.15.34,03	+ 0,13	98. 2.36,1	— 1,9
16....	11.30.39	21.11.37,08	+ 0,18	98.38.46,5	+ 1,2
17....	11.25.57	21.10.50,75	+ 0,45	98.46. 6,3	— 1,7
24....	10.53.15	21. 5.39,38	+ 0,20	99.38.24,4	+ 1,4
		(56) Mélété.			
Août 4....	13. 4.20	21.58.15,46	»	89.20.22,5	»
7....	12.51.39	21.57.21,76	+ 4,69	»	»
11....	12.32.14	21.53.40,20	+ 4,61	90. 4.14,3	—10,8
16....	12. 9. 4	21.50. 9,15	+ 4,72	90.42.24,7	—13,3
23....	11.36.39	21.45.14,51	+ 4,58	91.43. 3,4	—10,4
24....	11.32. 3	21.44.34,07	+ 4,70	91.52. 9,9	—12,5
30....	11. 4.40	21.40.45,72	+ 4,55	92.48.27,7	—13,1
Sept. 8....	10.24.46	21.36.13,91	+ 4,30	94.13.42,9	—11,5
		(12) Victoria.			
Août 4....	13.32.39	22.26.39,31	»	81.21.33,1	»
7....	13.19.10	22.24.57,40	—19,61	81.19.13,7	+80,5
10....	13. 5.28	22.23. 3,14	—20,01	81.20.17,7	+83,3
11....	13. 0.52	22.22.22,84	—19,99	81.21.24,7	+84,5
16....	12.37.37	22.18.46,63	—20,23	81.32.34,1	+88,4
17....	12.31.56	22.18. 1,21	—20,21	81.35.52,6	+88,1
ept. 2....	11.17.47	22. 5.44,34	—20,16	83.11.44,2	+99,4
5....	11. 3.56	22. 3.41,18	—19,87	83.36.41,2	+99,4
8....	10.50.16	22. 1.48,31	—19,38	84. 3. 2,8	+99,3
		(172) Baucis.			
Sept. 8....	11.12.10	22.23.46,58	»	96.59.58,6	»
14....	10.42.52	22.18. 2,63	»	96.54.50,1	»
15....	10.38. 3	22.17. 9,55	»	96.53.51,2	»
		(1) Cérès.			
Sept. 13....	11.44.14	23.15.38,01	+ 0,39	111.56.46,4	— 2,2
15....	11.34.42	23.13.57,46	+ 0,19	112. 4.52,2	— 3,1
27....	10.38. 9	23. 4.34,10	+ 0,26	112.37.18,3	— 1,9

Dates. 1882.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Correction de l'éphémér.	Distance polaire.	Correction de l'éphémér.
			(21) Lutétia.		
	h m s	h m s		° ′ ″	
Sept. 14....	10.22.53	21.58. 0,61	»	108.22.26,7	»
15....	10.18.26	21.57.29,29	»	108.23.59,5	»
			(62) Erato (¹).		
Sept. 14....	11.34.27	23. 9.46,45	+ 0,08	97.55.26,8	+ 1,0
			(78) Diane (¹).		
Sept. 14....	11.59.21	23.34.44,53	+ 0,53	87.41.42,8	− 6,6

» Les comparaisons de Cérès, Pallas et Junon se rapportent aux éphémérides du *Nautical Almanac*, celle de Diane à l'éphéméride publiée dans le n° 189 des circulaires du *Berliner Jahrbuch*; toutes les autres se rapportent aux éphémérides du *Berliner Jahrbuch*. »

PHYSIQUE DU GLOBE ET GÉOGRAPHIE MATHÉMATIQUE. — *Note sur la vérification et sur l'usage des Cartes magnétiques de M. le colonel Al. de Tillo;* par M. **Léon Lalanne**.

« L'importante Communication faite par M. l'amiral Mouchez, dans notre séance du 20 février dernier, lorsqu'il a présenté les quatre Cartes magnétiques dressées par M. le colonel de Tillo pour la presque totalité de l'Empire russe, avait pour moi un intérêt particulier.

» J'avais pris part, en 1837, sous la direction de M. Frédéric Le Play, à l'exploration que M. Anatole Demidoff avait entreprise au nord de la mer d'Azof, dans le bassin de Donetz; et, tout en me livrant à l'étude des terrains et des affleurements de combustibles minéraux dont la recherche était le but principal de l'expédition, j'avais eu occasion de relever en quelques points la déclinaison magnétique. Les Cartes de M. de Tillo permettant de trouver, pour une époque quelconque, à partir du premier tiers de ce siècle jusqu'à présent, les valeurs de la déclinaison dans ces contrées, il était naturel que j'en fisse usage pour comparer les indications qu'elles fournissent avec les résultats que j'avais obtenus il y a déjà quarante-cinq ans. Ce n'est pas sans hésitation que j'ai entrepris cette tâche, rendue assez pénible

(¹) On n'a pu s'assurer si l'astre observé était bien la planète.

par les défectuosités de l'exécution typographique. D'un autre côté, l'imperfection des instruments que j'avais été réduit à employer, surtout après les dislocations qu'ils avaient subies dans le long trajet parcouru alors exclusivement sur des routes ordinaires, les unes mal entretenues, les autres se réduisant à de simples frayés cahoteux à travers la steppe; la difficulté des observations faites par un seul opérateur inexpérimenté lui-même, n'ayant d'ailleurs que des aides dénués de toute connaissance spéciale; bien d'autres causes encore me faisaient craindre d'éprouver un gros mécompte en trouvant des discordances inavouables entre mes résultats de 1837 et ceux qu'ont obtenus des observateurs, tels que le général Sabine en 1842 et le colonel de Tillo en 1880. On va voir que ces appréhensions étaient heureusement fort exagérées.

» Les quatre points principaux où la déclinaison magnétique avait été relevée par moi, en 1837, sont la grande usine métallurgique que le gouvernement russe possède à Lougane (Louganski-Zavode), et trois villages ou stations des Cosaques du Don, à proximité ou sur le cours même du Donetz (petit Don), Goundoroskaïa, Kamenskaïa et Kalitvenskaïa, noms à la suite de chacun desquels on doit ajouter ou du moins sous-entendre la qualification de *Stanitza*. Pour en déterminer l'emplacement sur les Cartes de M. de Tillo, avec autant de précision que possible, j'ai commencé par consulter la belle Carte, à l'échelle de $\frac{1}{126000}$, actuellement fort avancée, et qui se publie sous la direction de l'état-major russe. A cette échelle (1 pouce de $25^{mm},39954$ pour 1500 sagènes ou pour 3 verstes, soit 4 lignes par verste de $1066^{m},781$), de simples bourgades occupent une étendue très sensible, surtout dans un pays où les habitations, même dans les communes rurales, sont très largement espacées entre elles. Il n'y a donc pas à s'étonner qu'à chacune des deux coordonnées géodésiques correspondent deux chiffres extrêmes entre lesquels doit se trouver le chiffre afférent à l'emplacement où les observations de 1837 ont eu lieu.

» Le tableau suivant donne, en regard des coordonnées ainsi relevées sur la Carte (zone XXV, col. 17; zone XXVI, col. 18 et 19), les latitudes résultant de mes observations :

Localités.	Latitudes observées en 1837.	Limites de latitude Nord.		Limites de longitude Est.	
1. Louganski-Zavode.	48°.33′.35″	48°.34′. 0″	48°.35′.30″	8°.57′.45″	9°. 0′. 0″
2. Goundoroskaïa st. .	48.23. 2	48.22. 0	48.23. 0	9.40. 0	9.41.30
3. Kamenskaïa st. . . .	48.17.19	48.19.20	48.20.30	9.54. 0	9.56. 0
4. Kalitvenskaïa st. . .	48.15.35	48.17.30	48.18. 0	10.11.20	10.12. 0

Les longitudes partent du méridien de Saint-Pétersbourg.

» On voit d'abord que les latitudes déterminées, en 1837, par l'observation des hauteurs méridiennes du Soleil, ne diffèrent pas de plus d'une ou deux minutes de celles qui résultent du relevé fait sur la nouvelle Carte de l'état-major russe. Les différences sont d'ailleurs absolument négligeables lorsqu'il s'agit de rapporter les points ci-dessus désignés sur la plus grande des Cartes de M. de Tillo, sur la Carte A, dont l'échelle est seulement de $\frac{1}{7350000}$ ou de 1 pouce pour 175 verstes, environ soixante fois moindre que celle de l'état-major.

» L'espace dans lequel les quatre localités sont renfermées n'a pas plus de 17′ en latitude, ni de 1° 13′ en longitude. Or, sur la Carte A, il n'y a que $0^m,016$ entre le 48ᵉ et le 49ᵉ degré de latitude, et par conséquent les quatre points ne s'étendent que sur moins de $0^m,005$ en hauteur; l'intervalle entre le 9ᵉ et le 10ᵉ degré de longitude est, comme entre le 10ᵉ et le 11ᵉ degré, est de $0^m,010$ à la hauteur de 48° 30′, et les quatre points n'occupent pas $0^m,012$ en largeur.

» J'ai marqué au crayon, sur la Carte A, en les affectant des numéros d'ordre ci-dessus, les points ainsi déterminés par leurs deux coordonnées géodésiques dans ce petit espace, et j'ai évalué, par des lectures approximatives, d'après les méridiens magnétiques tracés sur la Carte, la déclinaison de l'aiguille aimantée en chacun de ces points, en 1880.

» Mais mon but était, tout naturellement, de remonter à 1837, et comme sur la Carte A de M. de Tillo les méridiens magnétiques ne sont tracés que pour l'époque 1880, il faut, suivant la lettre de la méthode, avoir recours à la Carte B, sur laquelle ces méridiens sont tracés aussi pour 1842.

» Malheureusement les indications données par les deux Cartes ne sont pas suffisamment concordantes. D'abord les longitudes ne sont plus, sur la Carte B, rapportées au méridien de Saint-Pétersbourg comme sur la Carte A; c'est l'observatoire de Greenwich qui a été le point de départ, mais, en faisant la correction de 30° 18′ 27″, due à la différence des longitudes entre cet Observatoire et celui de Saint-Pétersbourg, on n'arrive qu'*à peu près* à repérer les deux Cartes l'une sur l'autre. Sans entrer dans les détails des comparaisons, il suffira de dire qu'à un même point soigneusement déterminé par sa latitude et sa longitude, sur l'une et sur l'autre Carte, ne correspondent pas, comme cela devrait être, des valeurs identiques de la déclinaison pour l'époque 1880.

» Il existe donc sur la Carte A, en comparaison de la Carte B, une erreur qui consiste en ce que sur celle-là les lignes isogoniques ont toutes été reculées d'environ 12′ vers l'ouest.

» A laquelle des deux Cartes de M. de Tillo doit-on se fier? Il semble

que la Carte B, sur laquelle les méridiens magnétiques sont marqués pour deux époques différentes, offre plus de garanties d'exactitude dans les positions absolues. Mais, comme l'échelle de la Carte A est triple et que par conséquent la détermination d'un point dont on a les coordonnées géodésiques s'y fait plus facilement, c'est d'elle qu'il m'a paru convenable de tirer les valeurs des déclinaisons en 1880, en diminuant constamment de 12′ les résultats des lectures.

» J'ai donc lu, en chacun des quatre points numérotés sur la Carte A, par une interpolation à vue, la valeur de la déclinaison orientale en 1880. Trouvant sur la Carte C que la variation annuelle de cette déclinaison était de 6′,1 vers l'est, pour cette partie du territoire russe, j'en ai conclu que quarante-trois ans plus tôt, c'est-à-dire en 1837, la déclinaison devait être, pour tous les points de cette Carte, de 4°22′,3 plus à l'ouest; et ce sont les différences entre cette quantité et les déclinaisons obtenues, par des lectures directes sur la Carte A pour 1880, après la correction de 12′ indiquée plus haut, qui m'ont fourni les chiffres de la troisième colonne du petit Tableau qui va suivre.

	Déclinaisons de la boussole			
	orientales	occidentales		
Localités.	existant en 1880, d'après la Carte A, sauf correction de — 12′.	qui devaient exister en 1837, d'après la correct. indiquée par la Carte C.	observées directement en 1837.	Différences entre les résultats des observations et ceux des Cartes.
1. Louganski-Zavode...	0°.37′,6	3°.44′,7	4°.38′,28″	+ 53′.46″
2. Goundoroskaïa st...	0.50,3	3.32,0	3.53, 8	+ 21. 8
3. Kamenskaïa st.....	0.58,0	3.24,3	3.36,16	+ 11.58
4. Kalitvenskaïa st....	1. 0,0	3.22,3	3.17,42	— 4.26

» On peut rejeter l'observation de Lougane comme donnant lieu à une différence trop forte, et considérer les autres comme exactes à quinze ou vingt minutes près. On ne s'étonnera pas d'une approximation aussi grossière, lorsqu'on se rappellera que je n'avais à ma disposition que des instruments avariés par le voyage, surtout la boussole d'arpenteur employée à relever la déclinaison qu'on rapporte à l'azimut du Soleil déterminé par la hauteur de l'astre. Le niveau à bulle d'air nécessaire à l'usage de l'horizon artificiel avait été réduit en poussière et l'on avait dû se contenter d'un niveau assez grossièrement fabriqué sur place, grâce à l'obligeance des officiers attachés à l'usine de Lougane. L'unique montre que

l'on put employer, parce que seule elle était munie d'une aiguille trotteuse à secondes, avait la marche la plus irrégulière.

» Il faut remarquer, d'ailleurs, que la Géographie physique de la contrée que l'on explorait n'avait pas encore été l'objet de déterminations bien précises. Les longitudes qu'assignait à mes différentes stations la Carte de l'état-major, encore imparfaite, étaient de vingt-quatre à vingt-cinq minutes moindres qu'elles ne sont réellement; de sorte que les relevés faits sur cette Carte, la seule qu'on eût alors, présentaient une telle différence avec le seul calcul de longitude que j'eusse osé aborder, en le déduisant d'observations de distances du Soleil à la Lune, auxquelles j'avais apporté tous mes soins, que, m'en attribuant uniquement la faute, j'en conclus que je devais renoncer à cette détermination.

» C'était bien à tort; après quarante-cinq ans d'intervalle, l'étude de la nouvelle Carte de l'état-major m'ayant fait voir que la longitude de Kamenskaïa, la troisième des stations citées, est comprise entre $9^\circ 54'$ et $9^\circ 56'$ à l'est de l'observatoire de Saint-Pétersbourg, ou entre $37^\circ 52'$ et $37^\circ 54'$ ($2^h 31^m 36^s$) à l'est de l'Observatoire de Paris, j'ai retrouvé et je mets sous les yeux de l'Académie, consignés sur des papiers jaunis par le temps, les minutes des observations faites à Kamenskaïa, le 23 août 1837, entre 5^h et 6^h du matin, et la longue série des calculs détaillés qui fixent précisément à $37^\circ 54'$ la longitude orientale du lieu où je faisais l'observation, dans une cour, en plein air, et, autant que mes souvenirs me servent, à l'extrémité est de la Stanitza.

» Une circonstance toute récente me permet de donner à ces manuscrits produits *a posteriori* un véritable caractère d'authenticité et me dispensera même de représenter pareillement les minutes des autres observations dont j'ai consigné ci-dessus les principaux résultats. Des copies m'en avaient été demandées pour figurer dans la publication qu'on se proposait de faire. N'ayant été appelé à revoir aucune épreuve, n'ayant même appris que par des annonces de librairie l'apparition du *Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée* (Paris, 1842), j'en avais conclu que mon travail n'avait pas été jugé digne d'y être inséré, et, sous l'influence d'un sentiment facile à comprendre, je n'avais jamais cherché à prendre connaissance de cette publication. La présentation à l'Académie du travail de M. de Tillo m'a fait sortir de cette réserve en m'inspirant la curiosité de chercher ce qu'un livre, où la Science devrait occuper une certaine place, avait pu dire du magnétisme terrestre et des déterminations géodésiques dans une contrée si peu explorée jusqu'alors. Quelle n'a pas été ma surprise de trouver à notre bi-

bibliothèque, dans le 4e volume (p. 479), la reproduction intégrale, très correctement imprimée, du manuscrit que j'avais remis au milieu de 1838, et dont je n'avais plus jamais entendu parler! Mon nom, il est vrai, ne figure pas sur le titre du livre avec ceux des autres membres de l'expédition; mais il est placé à la première page de mes *Réflexions générales sur les observations et les calculs astronomiques de la campagne de* 1837. On trouvera dans ce court Mémoire tous les résultats énoncés dans la présente Note, les latitudes des quatre stations, avec l'indication de l'approximation que je croyais pouvoir garantir, la longitude de Kamenskaïa évaluée en nombre rond à $2^h 31^m$ à l'est de Paris; l'opinion que la Carte dont on se servait avait trop resserré vers l'ouest toute la région que la nouvelle Carte élargit de 25′ à l'est; enfin les déterminations moyennes de la déclinaison, sans rien dissimuler des irrégularités qu'elles présentent. Ces irrégularités, dont les plus apparentes ont été relevées à Lougane et à Goundoroskaïa, sont-elles dues aux erreurs d'observations, ou bien faut-il les ranger au nombre des anomalies locales indiquées en plusieurs points par M. de Tillo et signalées par M. Mouchez, notamment aux environs de Kharkoff, qui est à 1°30′ à peine de latitude au nord et guère à plus de 2°30′ de longitude à l'ouest de Lougane? Je ne suis pas à même aujourd'hui de trancher la question, tout prêt d'ailleurs à reconnaître la possibilité et même la probabilité de mes erreurs, sous le bénéfice des circonstances atténuantes que j'ai exposées.

» Ce qui est certain, c'est que, avec des moyens imparfaits d'observation, on a été à même de signaler, dès 1837, le rétrécissement que les Cartes russes donnaient alors à l'empire vers la frontière orientale d'Europe. Si Louis XIV reprochait plaisamment à Picard et à Auzout de diminuer l'étendue de son royaume parce qu'ils avaient réduit à sa valeur vraie la longitude de la pointe du Finistère, que les Cartes, avant eux, rejetaient de plus de 1° vers l'ouest, l'état-major russe aurait mérité des éloges pour avoir corrigé l'erreur inverse.

» Un homme de beaucoup d'esprit, savant ingénieur et physicien, qui a fait partie de l'Académie, disait : « Quand on a de mauvais instru-» ments, on s'en débarrasse et on en fait construire de bons! » La première partie de ce précepte était facile à suivre; la seconde n'était guère de mise en plein pays cosaque. Je me suis rappelé que Fernel n'avait pas trop mal réussi en mesurant avec une roue de voiture un degré du méridien; et, ne pouvant penser à construire, je n'ai pas détruit. M'en blâmera-t-on?

» On se méprendrait sur le sens de cette Note si l'on n'y trouvait pas exprimé d'une manière assez claire tout l'intérêt que m'a inspiré, comme à

notre confrère M. l'amiral Mouchez, le travail de M. de Tillo. Le tracé des isogoniques et des isocliniques de l'aiguille aimantée, sur des Cartes, pour une époque déterminée, rentre dans le genre de représentations graphiques dont l'origine paraît remonter à Halley, dont Alex. de Humboldt a produit un exemple frappant par le tracé des isothermes, des isochimènes et des isothères, et dont un Membre de l'Académie, M. le capitaine de frégate Duperrey, avait donné le premier spécimen complet pour la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité magnétiques, à la surface du globe, en un moment donné. L'idée de tracer des lignes d'égale variation annuelle, qui appartient à M. de Tillo, a paru à M. Mouchez excellente et très utile. Sans elle, il ne m'aurait pas été possible de remonter à une époque que quarante-cinq ans séparent de nous. Aussi mes critiques ne portent-elles que sur une exécution défectueuse à certains égards et qu'on ne peut imputer à l'auteur. Puissent-elles décider le savant officier à reproduire des Cartes du même genre, tracées à plus grande échelle et où les longitudes seraient comptées à partir d'un même méridien. »

PHYSIQUE. — *Réponse aux objections de M.* Decharme (¹) *sur ma conception rationnelle de la nature de l'électricité. Preuves de la validité des hypothèses servant de base à cette conception.* Note de M. A. Ledieu.

« I. Nul plus que moi n'a été séduit dès l'abord par les ingénieuses et remarquables expériences de M. Bjerknes et de M. Decharme sur les imitations hydrodynamiques d'effets électriques et magnétiques. Il m'a donc fallu être dominé par une inexorable logique pour *ne pas me croire* « autorisé à conclure, d'après ces expériences, de l'analogie des effets à l'analogie des causes, à savoir que l'électricité sous forme de courant (d'éther ou de matière pondérable) est *analogue* à un courant liquide ».

» Pour qu'une conception *inductive*, comme celle du flux électrique, puisse servir de base à une théorie générale d'un ensemble donné de phénomènes, il est nécessaire que toutes les déductions y relatives, qui se vérifient par des observations et des expériences *a posteriori*, se trouvent préalablement obtenues par des raisonnements *rigoureux*. En d'autres termes, il faut que ce que j'appelle *le cycle du raisonnement* (²) soit effectué non seulement

(¹) *Comptes rendus*, 13 novembre 1882.

(²) *Comptes rendus*, 29 mai 1882. Ce cycle, rappelons-le, comprend quatre opérations : *Observations et expériences* a priori, *induction, déduction, observations et expériences* a posteriori.

d'une manière intégrale, mais encore d'une façon *absolument correcte* dans tous ses détails. Or c'est en particulier cette deuxième condition, aussi indispensable que l'effectuation même des quatre opérations du cycle, qui fait défaut à l'hypothèse des courants électriques, en tant que supposition fondamentale de l'électricité cinétique.

» Tel est ce que nous espérons avoir prouvé dans nos « objections d'ordre mécanique à la théorie actuelle de l'électricité ([1]) », en établissant que les *déductions* capitales basées sur ladite hypothèse sont mécaniquement inadmissibles, et que dès lors les observations et les expériences *a posteriori*, s'accordant avec ces déductions, perdent leur valeur démonstrative.

» II. Ces principes généraux de philosophie des sciences étant rappelés, je répondrai, point à point, comme il suit à l'habile physicien :

» 1° Il est regrettable que M. Decharme n'ait pas commencé par discuter ma réfutation de la théorie actuelle de l'électricité, et qu'il n'en ait fait aucune mention.

» 2° L'idée d'ondes n'implique qu'un *certain mode* de propagation de divers phénomènes naturels et, en particulier, des mouvements *stationnaires*. La conversion d'un *mouvement ondulatoire* en *mouvement vibratoire* (ou *vice versa*) n'a pas de signification mathématique. Il y a là une apparence trompeuse : le mouvement ondulatoire ne constitue alors que la propagation de vibrations successives plus ou moins invisibles, dont la force vive s'éteint, en donnant naissance à des vibrations plus marquées, mais qui cessent de se propager. En tout état de cause, j'ai réservé, sans la rejeter, l'hypothèse exclusivement cinématique des transmissions ondulatoires en électricité. Cette hypothèse y est du reste entièrement secondaire, car, à l'encontre des phénomènes lumineux et sonorifiques, les faits à étudier et à expliquer ici sont principalement d'ordre dynamique.

» 3° Si M. Decharme avait été plus patient, il eût trouvé, dans la suite de l'exposé de ma doctrine, que les cas d'étincelle, de foudre, de vent électrique, etc., comportent écoulement de l'électricité; et il aurait vu comment cela s'explique par des *transformations* de l'énergie potentielle de la matière éthérée associée à la matière pondérable, en énergie de transport ou de mouvement d'ensemble de l'éther.

» 4° Le livre de « l'*unité des forces physiques* » du P. Secchi, cité par mon contradicteur, est l'œuvre d'un érudit; mais les erreurs de Dynamique y dominent trop, surtout en électricité, pour qu'on puisse l'invoquer dans une discussion sérieuse de Physique mathématique.

([1]) *Comptes rendus*, 9 octobre 1882.

» 5° Les figures équipotentielles de M. Guébhard peuvent s'interpréter de diverses façons et, entre autres, cadrer avec mes vues.

» 6° Dans ma Note du 16 octobre, § IV, j'ai regardé *comme inutile de me préoccuper* immédiatement *des attractions et des répulsions électriques et magnétiques, ainsi que des effets d'induction*. Il est fâcheux que M. Decharme, en citant cette phrase, ait supprimé l'adverbe *immédiatement*, et qu'en outre il ait omis de reproduire les lignes qui la suivent, et où je dis que l'*explication de ces épiphénomènes découlera plus tard d'une manière naturelle de mon concept sur la nature de l'électricité*.

» 7° J'ai bien eu soin, dans ma Note du 16 octobre, § VI, d'avertir que les lois de Ohm devaient être reprises sous l'aspect nouveau qui résulte de la nature de la chaleur d'après la Thermodynamique. Puis, dans ma Communication du 30 octobre, § IX, j'ai commenté la transmission du calorique et de l'électricité sous ce nouvel aspect. Il m'est donc difficile de concevoir comment M. Decharme trouve dans ma théorie une contradiction entre mon *recours* aux formules de Ohm et mon *rejet* de l'idée de flux.

» 8° Les phénomènes hydrodynamiques en vue peuvent s'expliquer par les théorèmes connus de la vraie mécanique des fluides. Ceux de ces phénomènes pour lesquels il paraît y avoir actions réciproques de courants liquides ne constituent, en particulier, que de simples *apparences*. Autrement dit, les mouvements résultant des actions et réactions normales des molécules liquides des deux courants, ainsi que de leurs vitesses acquises, sont seulement *semblables* aux mouvements qui tendraient à se produire, si les veines liquides étaient *solidifiées* et formaient deux corps rigides s'influençant mutuellement. De leur côté, les effets électriques, que M. Decharme prétend être analogues auxdits phénomènes, se manifestent uniquement par les attractions ou répulsions de conducteurs métalliques, que des courants problématiques sont *censés* parcourir. Ici les influences mutuelles sont des *réalités*, puisqu'on est en présence de fils à l'état solide. Par contre, l'explication des faits nécessite une *mécanique conventionnelle*, quand on veut la baser sur la supposition du flux électrique. En conséquence, les deux sortes de phénomènes comparés n'ont qu'une *fausse analogie* dans leurs effets, et n'ont *aucune analogie* possible dans leurs causes. La double analogie que M. Decharme s'est proposé « de justifier surabondamment » s'évanouit donc devant une série d'évidences de raison.

» 9° Enfin, et c'est là un point essentiel du débat, M. Decharme reproche à mes hypothèses d'être « *toutes choses impossibles à soumettre au contrôle de l'expérience* ».

» III. Mais ce reproche ne repose sur aucun fondement. Plusieurs de

ces hypothèses ne sont pas miennes, et ont déjà cours depuis longtemps, *comme ayant reçu une sanction expérimentale suffisante*. Les autres, qui me sont propres, offrent au moins les mêmes garanties de probabilité que les suppositions qu'elles sont appelées à remplacer ou à parfaire.

» Afin qu'il ne reste dans l'esprit du lecteur aucun doute sur la validité de mes diverses hypothèses au point de vue du contrôle de l'expérience, je rappellerai brièvement comment chacune d'elles satisfait, dans sa sphère propre, *au cycle du raisonnement* effectué à l'aide des découvertes de la Science contemporaine, et acquiert de la sorte un degré de probabilité plus ou moins élevé, suivant la quantité d'observations et d'expériences *a priori* servant à l'induction et selon le nombre de déductions vérifiables *a posteriori*.

» Ainsi l'existence indestructible des atomes pondérables comme une réalité objective, résulte de la chimie atomique. Il en est de même de l'agrégation de ces atomes en molécules. De son côté, la réalité pareillement objective de forces primordiales inhérentes aux atomes et soumises à *la loi des forces centrales*, résulte ([1]) des nombreuses prédictions de la dynamique rationnelle justifiées expérimentalement. Puis les vibrations des atomes sont une conséquence forcée de l'équivalence mécanique de la chaleur ([2]) qui n'est qu'un cas particulier de la *conservation des énergies*. En même temps l'existence de l'éther cosmique dans les espaces célestes et dans les interstices moléculaires des corps, est hors de conteste depuis l'immense extension de la théorie ondulatoire de la lumière.

» Reste donc la supposition de la matérialité spécifique des atomes de l'éther et de leur association avec les atomes pondérables au sein et autour des molécules. Là le cycle du raisonnement repose sur *la grande loi de la conservation des énergies*, contrôlée aujourd'hui de mille façons, à l'aide du cycle qui lui convient, par la Thermodynamique, la Thermochimie et l'Electrodynamique. En fermant ledit cycle relatif à la matérialité de l'éther au moyen des phénomènes électriques, on obtient un degré de probabilité très satisfaisant pour ma conception de l'*énergie potentielle éthéro-pondérable*. Car, comme je le dis dans ma Note du 30 octobre, § XI, les déductions *rigoureuses* de ladite conception mènent aux mêmes formules que les déductions *inexactes* basées sur le flux électrique, et par suite bénéficient légitimement des vérifications *a posteriori* bien connues de ces formules.

([1]) *Comptes rendus*, 29 mai 1882.
([2]) *Comptes rendus*, t. LXXXI, 2e série, 1875, p. 130.

» IV. On m'accordera, je l'espère, que tout cela n'est pas de la *métaphysique*, mais bien de la *philosophie naturelle*, suivant l'acception strictement scientifique que les savants anglais attribuent à cette expression. Je ne prétends pas, en effet, pénétrer l'essence des choses : elle demeurera à jamais l'éternel secret du Créateur. Je me propose seulement de ramener les points de départ de toutes les lois phénoménales au plus petit nombre possible de termes incognoscibles.

» On le voit, j'aboutis avec une inflexible dialectique à reconnaître, comme base fondamentale de la nature inanimée, des atomes vibrants doublés de force, et par suite deux éléments distincts et indissolublement liés entre eux, de telle manière que l'un ne puisse exister sans l'autre. De la sorte, ce qui affecte nos sens, c'est de la *substance* et non de la *matière* seule : cet ordre d'idées peut choquer beaucoup de convictions préconçues. Nous avons montré *in extenso* ailleurs (¹) ce que de pareilles répugnances avaient de mal fondé.

» V. Après ces longues explications, je ne répondrai plus désormais qu'à des objections mathématiques portant sur ma réfutation de la théorie actuelle de l'électricité, ou sur mes interprétations des formules de cette théorie ».

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE. — *Loi générale de congélation des dissolvants.* Mémoire de M. **F.-M. Raoult**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Berthelot, Cahours, Debray.)

« Si l'on désigne par A l'abaissement du point de congélation dû à la présence de 1^{gr} d'un corps dans 100^{gr} de dissolvant; par M le poids moléculaire de la substance dissoute, supposée anhydre, calculé en faisant dans sa formule *atomique* $H = 1$, $O = 16$, ...; par T son abaissement moléculaire de congélation (c'est-à-dire l'abaissement du point de congélation causé par une molécule dissoute dans 100^{gr} de liquide (²), on a, si les solutions sont étendues,

$$MA = T.$$

(¹) *Comptes rendus* du 29 mai 1882, et *Revue des questions scientifiques de Bruxelles*, livraison du 20 juillet 1882.

(²) *Voir* les Communications précédentes du 12 avril 1880, du 5 juin et du 24 juillet 1882.

» Mes précédentes recherches ont montré que, dans un même liquide, l'abaissement moléculaire T est un nombre à peu près constant, pour des groupes très nombreux de composés de toute espèce. J'ai fait, depuis lors, de nouvelles expériences en employant, comme dissolvants, les composés ci-après, dont le point de congélation peut toujours être déterminé avec une extrême précision :

	Point de congélation.		Point de congélation.
	o		o
Eau	0,00	Bibromure d'éthylène ..	7,92
Benzine	4,96	Acide formique	8,52
Nitrobenzine	5,28	Acide acétique	16,75

» Tous ces liquides, à l'exception de l'eau, se contractent en se solidifiant.

» Le défaut d'espace m'empêche de présenter ici le détail des expériences, extrêmement nombreuses, faites avec ces dissolvants : je dois me borner à en donner seulement un résumé. Toutefois, on pourra juger du nombre et de la variété des composés dissous, ainsi que du degré de concordance des résultats, par les tableaux de 60 expériences analogues, faites sur les solutions des matières organiques dans l'eau et dans la benzine, qui ont été publiés dans les *Comptes rendus* de l'Académie (5 juin et 24 juillet 1882). Mes nouvelles recherches confirment les anciennes et permettent de formuler la *Loi de congélation des dissolvants* d'une manière générale et complète.

» *Acide acétique.* — Les expériences faites avec ce dissolvant ont porté sur plus de 60 composés de tous les types. Toutes les matières organiques sans exception et, de plus, l'acétate de potasse, les acétates d'ammoniaque, d'aniline, de quinine, de strychnine, de brucine, de codéine; le protochlorure de soufre, le chlorure d'arsenic, le bichlorure d'étain, l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, produisent dans l'acide acétique des abaissements moléculaires de congélation toujours compris entre 36 et 40, et le plus souvent voisins de 39. Quelques composés seulement, tous de nature minérale, produisent dans l'acide acétique un abaissement moléculaire différent; ce sont : les acides sulfurique et chlorhydrique, l'azotate de chaux, l'acétate de magnésie. Pour ces corps, l'abaissement moléculaire est voisin de 19; il est donc égal à la moitié du précédent.

» L'*acide formique,* employé comme dissolvant, donne des résultats tout pareils.

» Dans l'immense majorité des cas, l'abaissement moléculaire est voisin de 28 et, par extraordinaire, il se rapproche quelquefois de 14.

» *Benzine.* — Toutes les matières organiques (à l'exception de quelques alcools et de quelques acides) et tous les chlorures métalloïdiques produisent dans la benzine un abaissement moléculaire compris entre 47 et 51; moyenne 49. Quant aux alcools méthylique et éthylique, aux acides formique, acétique, valérianique, benzoïque, ils produisent un abais-

sement moléculaire qui varie de 28 à 27 et dont la moyenne est 25 : c'est la moitié de l'abaissement normal.

» Dans la *nitrobenzine* et le *bibromure d'éthylène*, employés comme dissolvants, tous les abaissements moléculaires se rapprochent également de deux valeurs, dont l'une est double de l'autre; et ils y sont produits par les mêmes corps que dans la benzine. Ces valeurs sont : pour la nitrobenzine, 68 et 34, et pour le bibromure d'éthylène, 117 et 58.

» *Eau employée comme dissolvant.* — Les résultats présentés par les solutions faites dans l'eau sont moins concordants que ceux observés avec les autres dissolvants, du moins en ce qui regarde les matières minérales. La plupart des acides minéraux, les bases alcalines, les sels alcalins et alcalino-terreux, y produisent un abaissement moléculaire compris entre 33 et 43. Les chlorures de baryum et de strontium, par exception, donnent environ 50. La grande majorité des résultats obtenus avec plus de 60 matières minérales se rapprochent de 37.

» D'autre part, les sulfates magnésiens, l'acide métaphosphorique, l'hydrogène sulfuré et toutes les matières organiques, sans exception, produisent dans l'eau un abaissement moléculaire beaucoup plus constant et compris entre 17 et 20; moyenne, 18,5.

» L'un des abaissements est donc, encore ici, double de l'autre.

» *Conclusions.* — Ces expériences, dans lesquelles plus de 200 composés ont été dissous dans *six* liquides différents, sont assez nombreuses et concordantes pour établir ce qui suit :

» *Tout corps, en se dissolvant dans un composé défini liquide, capable de se solidifier, en abaisse le point de congélation.*

» *Dans tous les liquides, les abaissements moléculaires de congélation, dus aux différents composés, se rapprochent de deux valeurs, invariables pour chaque liquide, et dont l'une est double de l'autre.* La plus grande se présente le plus souvent et constitue l'abaissement moléculaire normal. La plus faible correspond au cas où les molécules du corps dissous sont soudées deux à deux.

» *L'abaissement moléculaire normal de congélation varie avec la nature du dissolvant :* il est de 37 pour l'eau, de 28 pour l'acide formique, de 39 pour l'acide acétique, de 49 pour la benzine, de 70,5 pour la nitrobenzine, et de 117 pour le bibromure d'éthylène. Si l'on divise chacun de ces nombres par le poids moléculaire du dissolvant auquel il se rapporte (ce qui équivaut à ramener les résultats au cas où une molécule du corps dissous serait contenue dans 100^{mol} de dissolvant), on trouve des quotients fort peu différents les uns des autres, excepté pour l'eau. En effet :

Eau.............	37 : 18 = 2,050	Benzine	49 : 78 = 0,628
Acide formique....	28 : 46 = 0,608	Nitrobenzine	70,5 : 123 = 0,600
Acide acétique.....	39 : 60 = 0,650	Bibromure d'éthylène.	117 : 188 = 0,623

» Pour faire rentrer l'eau dans la règle générale, il suffit d'admettre que les molécules physiques qui la composent sont formées de 3^{mol} chimiques

soudées ensemble; du moins, près du point de congélation. Alors, en effet, on a pour ce dissolvant $37:18\times 3=0,685$, nombre qui ne s'écarte pas beaucoup de $0^\circ,622$, moyenne des cinq autres. On peut donc formuler la loi suivante :

» *Une molécule d'un composé quelconque, en se dissolvant dans* 100^{mol} *d'un liquide quelconque, de nature différente, abaisse le point de congélation de ce liquide d'une quantité à peu près constante, et voisine de* $0^\circ,62$.

» Cet énoncé est tout à fait général, à la condition d'admettre que les molécules physiques, dont il s'agit ici, peuvent être formées de 2 et, par exception, de 3^{mol} chimiques. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Etudes chimiques sur le maïs à différentes époques de sa végétation.* Note de M. H. LEPLAY.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

De la formation et de l'accumulation du sucre cristallisable et des sucres réducteurs dans les différentes parties du maïs; de la formation et de l'accumulation de l'amidon dans les graines, pendant la végétation du maïs.

« Les trois époques de la végétation du maïs sur lequel ont été pratiquées les analyses dont les résultats sont consignés dans ce Mémoire peuvent être ainsi caractérisées :

» 1er *juillet.* — Époque où les organes de la reproduction n'ont pas encore paru ou commencent à apparaître.

» 1er *août.* — Époque où la fécondation est opérée et l'épi formé, ainsi que ses graines, mais dont les graines s'écrasent facilement sous les doigts en donnant un suc laiteux contenant un peu d'amidon.

» 1er *septembre.* — Époque où la graine est arrivée à maturité, où elle est dure, résistante, ne s'écrase plus sous la pression des doigts, ne contient plus de suc laiteux et se trouve remplie d'amidon.

» Il résulte de cette étude les faits suivants :

» 1° En ce qui concerne les rapports de poids entre les différentes parties du maïs aux différentes époques de sa végétation, le poids des tiges, des feuilles et des racines de maïs va en augmentant jusqu'à l'époque de sa végétation où l'épi commence à se former, soit vers le 1er août (2e époque de sa végétation).

» A cette époque, le poids des feuilles est plus grand que celui des tiges.

» A partir de cette époque, à mesure que les graines se forment et durcissent, le poids des feuilles et de la tige va en diminuant au point que, vers la troisième époque, les tiges ont perdu près de la moitié de leur poids et les feuilles plus de la moitié.

» Pendant le même temps, le poids de la racine est resté à peu près stationnaire.

» A cette troisième époque, le poids des épis est à peu près le même que celui des feuilles, et seulement un peu inférieur à celui des tiges.

» 2° En ce qui concerne la totalité du sucre, abstraction faite de sa nature chimique, les nombres obtenus par les analyses conduisent aux conclusions suivantes :

» Le sucre considéré dans sa totalité, abstraction faite de sa nature chimique, augmente considérablement en poids pendant la formation de l'épi, et diminue considérablement pendant la formation de l'amidon dans la graine.

» Pendant les premiers temps de la végétation du maïs jusqu'au moment où les organes de la reproduction vont commencer à se former, le sucre se trouve à peu près uniformément répandu dans les tiges et les feuilles de maïs; mais, pendant le développement des organes de la reproduction, la fécondation et la formation de l'épi, jusqu'au moment où la graine formée est laiteuse et s'écrase facilement sous les doigts, le sucre va en s'accumulant dans la tige de 2,27 jusqu'à 10,54 pour 100 dans la partie de la tige inférieure à l'épi et jusqu'à 11,63 pour 100 dans la partie de la tige supérieure à l'épi.

» Le sucre augmente dans les feuilles, mais en moins grande proportion, soit 4 pour 100 dans les feuilles engainantes et 2,54 pour 100 dans la partie de la feuille qui flotte dans l'air.

» Le sucre se rencontre également à cette même époque, soit dans l'épi, soit dans le support des graines, à peu près en même proportion que dans les tiges, soit 8,72 pour 100, et dans les graines laiteuses, en moins grande proportion que dans le support des graines, soit 5,81 pour 100.

» Dans l'époque de végétation où mûrit la graine, c'est-à-dire pendant l'époque où l'amidon se forme et s'accumule dans la graine, le sucre disparaît complètement dans les feuilles; il disparaît en grande partie dans la tige, dont la quantité tombe de 10,54 à 2,36; il diminue dans le support des graines de 8,72 à 5,81 et dans les graines elles-mêmes de 5,81 à 2,36.

» 3° En ce qui concerne la nature chimique des sucres contenus dans les différentes parties du maïs en végétation, dans la première époque de

végétation du maïs jusqu'au moment où l'organe mâle commence à paraître, les tiges ne contiennent que des sucres réducteurs; il en est de même de la partie engainante de la feuille; la partie qui flotte dans l'air contient en outre du sucre cristallisable dans la proportion d'un quart de la quantité totale ; mais pendant la période de végétation, où les organes de la reproduction apparaissent, où l'acte de la fécondation s'accomplit, où l'épi se forme ainsi que les graines, le sucre cristallisable (saccharose) augmente de 55 pour 100 du poids primitif dans les feuilles; il s'accumule en quantité dix fois plus grande dans les tiges, tandis que dans l'époque correspondant à la maturité de la graine, à la formation de l'amidon, les sucres cristallisable et incristallisable disparaissent complètement des feuilles : le sucre incristallisable disparaît également de la tige, et le sucre cristallisable y diminue de plus de 80 pour 100.

» Ces faits expliquent les effets obtenus par Pallas, et confirmés par Soubeiran et Biot, sur la castration du maïs ([1]).

» Il résulte de cette étude que, dans la végétation du maïs, le sucre se forme dans les feuilles, qu'il va successivement en s'accumulant dans la tige, jusqu'au moment de la formation de l'amidon dans la graine; qu'à partir de ce moment il s'opère une véritable migration du sucre dans l'épi, d'abord dans le support des graines, puis dans les graines elles-mêmes, où il est remplacé par de l'amidon; que cette migration continue d'être alimentée des feuilles à la tige au point de disparaître complètement des feuilles, puis en grande partie de la tige, de diminuer dans le support des graines et dans les graines elles-mêmes, à mesure que l'amidon s'y développe.

» Les nombres résultant des analyses ramenés à une récolte de maïs sur une surface de 1^{ha} peuvent donner une démonstration saisissante de cette migration du sucre; ainsi la quantité totale du sucre, qui était, au commencement de la formation de l'amidon : dans les feuilles, de 144^{kg}, se trouve réduite, à la maturité de la graine, à zéro; dans les tiges, de 546^{kg} elle se trouve réduite à 62^{kg}; dans le support, de 53^{kg} à 39^{kg}; dans les graines, de 108^{kg} à 53^{kg}.

» Le sucre ainsi disparu se trouve donc être de 697^{kg}, et l'amidon formé dans cette même récolte de 585^{kg}.

» On peut conclure de ces nombres que l'amidon contenu dans les graines de maïs a été produit par le sucre disparu.

([1]) *Comptes rendus*, t. XV, p. 426 et 523; année 1842.

» La fonction du sucre dans la végétation du maïs est donc de fournir à la graine les éléments de l'amidon.

» La quantité de sucre restant dans la tige étant exclusivement du sucre cristallisable, on doit en conclure que ce sont de préférence les sucres réducteurs qui sont utilisés à la formation de l'amidon.

» Cette transformation peut s'expliquer par l'élimination, sous l'influence de la végétation, de $3^{éq}$ d'eau pour les sucres réducteurs et de $2^{éq}$ d'eau pour le sucre cristallisable, comme l'établissent les formules et les équations suivantes :

Pour les sucres réducteurs...... $C^{12}H^{12}O^{12} = C^{12}H^{9}O^{9} + 3(HO)$
Pour le sucre cristallisable...... $C^{12}H^{11}O^{11} = C^{12}H^{9}O^{9} + 2(HO)$

Un **Anonyme** adresse, comme complément à son Mémoire portant pour titre « Contribution à l'étude des orages », pour le Concours du prix Bordin, une Note relative à l'électrisation de la vapeur d'eau.

(Renvoi à la Commission du Concours Bordin.)

M. **J. Orgéas** adresse, de Cayenne, pour le Concours du prix de Statistique, un travail intitulé : « La colonisation de la Guyane par la transportation ».

(Renvoi au Concours de Statistique, fondation Montyon.)

M. **E. Guérineau** adresse une Note relative à la navigation aérienne.

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

La Commission nommée pour examiner un Rapport transmis par M. le Ministre de la Marine, sur le meilleur système pour mettre les postes d'observation des lignes de torpilles à l'abri de la foudre, est autorisée, sur sa demande, à s'adjoindre pour son travail les Membres de la Section de Physique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce** adresse, pour la Bibliothèque de l'Institut, le tome IX de la « Statistique générale de la France ».

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, le numéro de janvier 1882 du *Bullettino* publié par le prince *Boncompagni*.

Ce numéro est tout entier consacré à un Mémoire de M. *A. Favaro*, sur la vie et les œuvres de Barthélemy Souvery (en latin *Soverus*, en italien *Sovero*), mathématicien suisse, né vers 1577 à Corbières, près de Fribourg, et le second successeur de Galilée dans la chaire de Mathématiques de l'Université de Padoue.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la conservation de l'énergie solaire; réponse à la Note de M.* G.-A. Hirn; par M. **C.-W. Siemens**.

« M. G.-A. Hirn a publié, dans les *Comptes rendus* du 6 novembre, une Note sur mon hypothèse relative à la conservation de l'énergie solaire, à laquelle je m'empresse de répondre. En formulant cette réponse, j'éprouve quelque embarras personnel, parce que M. Hirn se déclare antagoniste déterminé des physiciens qui attribuent « tous les phénomènes du monde » physique à des mouvements et à des chocs d'atomes matériels indépen- » dants les uns des autres »; il pense que le jour ne tardera pas à venir où les physiciens « se résigneront à admettre dans le monde physique » autre chose encore que la matière en mouvement ».

» En ce qui me concerne, je dois avouer que je suis un partisan convaincu de ce principe matérialiste, basé sur l'expérience, qui seul peut nous amener à des conclusions exactes relativement aux grands phénomènes de la nature.

» Je répondrai, dans l'ordre où elles se présentent, aux objections physiques et mathématiques de M. Hirn.

» Les physiciens français ont été les premiers à mettre en doute les évaluations exagérées de la température du Soleil, admises par le P. Secchi et d'autres, exagérations qui s'attachaient à tous les phénomènes pyrotechniques avant les recherches éclairées de Pouillet, H. Sainte-Claire Deville et autres.

» M. Hirn fait monter cette température à 20000°, et il dit très justement que les composés reproduits, en tombant au sein de celle-ci, seront de nouveau complètement dissociés, et que cette action absorberait toute la chaleur précédemment développée par la combustion. M. Hirn regarde cette température comme un minimum, suivant les magnifiques expé-

riences de M. Langley; mais je pense que, sur ce point, les informations sur lesquelles il se base laissent à désirer. L'instrument employé par M. Langley, le bolomètre, est une modification très ingénieuse de mon pyromètre électrique (*Proc. R. Soc.*, 1871, et *Telegraph Engineers*, 1875), qui a trouvé de nombreuses applications dans la Pyrotechnie. J'ai donc suivi avec un intérêt tout spécial les recherches de M. Langley; à l'occasion de sa visite récente en Europe, j'ai profité de son séjour chez moi, à la campagne, pour discuter avec lui des questions de Physique solaire, et je n'ai pas rencontré chez lui de divergences sérieuses d'opinion. J'avais évalué la température de la photosphère à 3000°, chiffre peu élevé auquel j'ai été conduit par des observations comparatives de foyers à gaz et de foyers électriques.

» Les remarquables travaux de M. Tyndall, qu'on trouve décrits dans son livre *On radiant heat* (p. 260), montrent qu'un bec de gaz, donnant une lumière intense, produit des rayons lumineux et non lumineux dans la proportion de 1 à 25, et la température d'un pareil bec peut être évaluée à 1700°. Un fil de platine, chauffé presque au point de fusion (1800° suivant H. Sainte-Claire Deville) par le courant électrique, a donné en rayons lumineux $\frac{1}{24}$ de l'énergie qui lui a été imprimée et $\frac{23}{24}$ en rayons non lumineux, tandis que, dans l'arc électrique de Tyndall produit par 50^{él} Grove, $\frac{1}{10}$ des rayons produits étaient lumineux.

» M. Becquerel a, en 1860, estimé la température d'un foyer électrique semblable de 2070° à 2100°. En me basant sur ces données importantes, j'ai reproduit d'abord un courant dynamo-électrique de la force de 50^{él} Grove, et j'ai pu constater que le foyer Tyndall a été produit par un courant de 5^{amp} et 36^{volts} environ, dont la lumière est égale à 20 becs Carcel, mesurés en direction horizontale. La température d'un arc de ce genre a été évaluée par M. E. Becquerel à 2100°. Un arc produit par un courant de 43^{amp} et 42^{volts} produit, suivant mes expériences, 450 carcels de lumière; d'où il suit que, dans ce dernier cas, $\frac{450}{20} \times \frac{5}{43} \times \frac{36}{42} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{4}$ environ de l'énergie totale se présente sous la forme de rayons lumineux. La température de cet arc, suivant l'analogie tirée des autres sources de lumière, doit s'élever à 2500° environ.

» D'après les données de M. Langley, un quart seulement de l'énergie qui nous arrive du Soleil est lumineuse, y compris les rayons ultra-violets; en admettant qu'une proportion considérable de ces derniers soit absorbée avant d'arriver à notre atmosphère, il s'ensuit néanmoins que

la température de la photosphère ne peut pas dépasser de beaucoup celle de nos plus grands foyers électriques, soit 2800°.

» La quantité totale d'énergie rayonnante provenant d'une surface donnée est en rapport, en premier lieu, avec la nature du corps rayonnant. Cette quantité sera au minimum dans un corps solide à surface brunie, et au maximum dans une masse épaisse de gaz incandescents, telle que la photosphère, car c'est un fait reconnu en Physique et confirmé spécialement, quant à la photosphère, par les recherches de M. Langley, que les rayons de chaleur passent à travers les gaz incandescents presque sans absorption. La radiation prodigieuse de la photosphère est donc une preuve de son épaisseur énorme, tandis que sa température doit être évaluée par la proportion de rayons lumineux qu'elle émet, et surtout des rayons bleus, laquelle proportion ne dépasse pas de beaucoup celle qu'on rencontre dans nos foyers électriques. Il semble donc que, quelle que soit la température intérieure du Soleil, celle de la photosphère qui l'entoure n'est pas trop élevée pour satisfaire aux conditions de la combustion, dont la limite de température sera de 3000°, en supposant que sa densité soit égale à celle de notre atmosphère et sa pression à peu près dix fois plus grande.

» Il devient donc inutile de supposer qu'il se produit une seconde décomposition des matières combinées dans la photosphère, si l'on admet les chiffres établis par H. Sainte-Claire Deville.

» Une autre objection, faite par M. Hirn, est celle qui se rapporte à la transmission de la lumière des étoiles à travers les espaces immenses remplis, selon moi, de matières absorbantes.

» Il me semble que la théorie de la diminution de l'intensité de la lumière dans la proportion du carré des distances n'est pas applicable dans son intégralité à la lumière des astres. M. Langley prouve qu'il se perd par absorption une proportion considérable de la lumière solaire, avant même qu'elle atteigne notre atmosphère, et surtout en ce qui concerne les rayons bleus. M. J.-W. Draper, de New-York, a constaté, dans ses *Scientific Memoirs*, que ce sont surtout les rayons orangés qui décomposent l'acide carbonique et l'eau dans les plantes; mes recherches sur l'effet chimique de la lumière électrique sur la végétation, continuées depuis quatre ans, confirment ces observations.

» D'un autre côté, les Cartes du spectre solaire de M. Langley montrent de grandes lacunes, où les rayons ne produisent aucun effet sur le bolo-

mètre. Ne serait-il pas possible qu'il existât, dans le spectre lumineux, une longueur d'onde moins favorable à la décomposition des vapeurs, et qui, par conséquent, pénétrerait plus loin que les autres à travers l'espace rempli de gaz extrêmement raréfiés, et formés, pour la plupart, des produits de combustion déjà dissociés? Plusieurs astronomes ont émis l'opinion qu'en dehors des astres visibles il existe des milliards d'étoiles dont la lumière n'a jamais pénétré jusqu'à nous, hypothèse qui s'accorde avec la mienne, laquelle suppose une absorption graduelle.

» La troisième objection de M. Hirn est basée sur la résistance mécanique qu'une matière gazeuse dans l'espace opposerait aux mouvements des planètes : il montre que, pour satisfaire au retard sidéral, admis par Laplace, de 90″ dans les derniers 3000 ans, il faudrait une raréfaction telle que 1^{kg} du gaz occupât un volume de 700 milliards de mètres cubes.

» Le savant mathématicien ne nous dit pas si, dans son calcul, il a tenu compte du mouvement de tangence de la planète ou bien de la durée de son année.

» Une diminution de sa vitesse de tangence doit naturellement donner lieu à une réduction de sa distance moyenne du Soleil, de sorte qu'une diminution de sa vitesse n'aurait, suivant la troisième loi de Kepler, qu'une influence beaucoup moindre sur la durée de son année.

» Il serait surtout intéressant de savoir quelle est la loi physique sur laquelle M. Hirn a basé son calcul, car il est incontestable que les recherches classiques de Poncelet et autres se rapportent presque exclusivement au mouvement des fluides renfermés dans les conduits : pour le mouvement des solides dans les fluides à l'état libre, il nous manque des bases bien arrêtées. A ma connaissance, les seules expériences effectuées sur une échelle assez large, au sujet des résistances des fluides à l'état libre, sont celles qui avaient été entreprises à Forquay par M. William Froude pour le compte de l'Amirauté anglaise : les résultats frappants auxquels M. Froude est arrivé sont résumés dans un paragraphe de son adresse présidentielle à la Section de Mécanique de la *British Association*, en 1875. Il dit :

« La théorie des lignes de courant nous révèle la proposition, inattendue, mais vraie, qu'un corps submergé, s'il se meut avec une vitesse uniforme à travers un fluide parfait, ne rencontrera de résistance d'aucune sorte. Par fluide parfait, je veux dire un fluide libre de viscosité ou de quasi-solidité, et dans lequel aucune friction n'est causée par le glissement de ses particules, en passant les unes près des autres ou en passant sur la surface de ce corps. »

» Il ajoute :

« Je ne saurais avoir la prétention de faire la liste des nombreux mathématiciens éminents qui ont imaginé ou perfectionné la théorie des lignes de courant, mais je dois citer parmi eux le professeur Rankine, Sir W. Thomson et le professeur Stokes. »

» Parmi les expériences faites d'autre part pour déterminer les résistances en plein fluide, nous avons les expériences anémométriques, qui donnent toutefois des résultats peu concordants. Les météorologistes anglais, en observant les pressions du vent sur des surfaces de 1 pied ($0^m,30$) carré ont constaté une résistance de 28^{kg} pour une vitesse de 50^m par seconde; tandis que le général Didion, employant des disques de 1^{mq}, a trouvé pour la même vitesse une résistance totale de $194^{kg},7$, ou $18^{kg},2$ par pied carré.

» Nos mathématiciens les plus renommés ont maintenu, jusqu'à présent, que ces divergences tenaient à des défauts dans les observations, et que la pression d'un vent donné doit produire au moins autant de pression (par $0^{mq},30$) sur une grande surface que sur une petite.

» Une expérience importante a pourtant été faite sous la direction de MM. Fowler et Baker (ingénieurs bien connus du grand pont qui doit traverser le *Firth of Forth*) : elle tend à renverser cette hypothèse et vient à l'appui des conclusions de M. Froude. On a établi, sur une petite île, trois plaques anémométriques, enregistrant l'une à côté de l'autre : celle du milieu avait une surface de 27^{mq} ($4^m,5 \times 6^m$); les deux autres, placées de part et d'autre, étaient de forme ronde, et avaient 2^{mq} environ (2 pieds de diamètre). On a constaté que le même vent vertical sur leurs surfaces a produit une pression de 7^{kg} par pied ($0^m,30$) carré sur les petites plaques, et $3^{kg},8$ seulement par pied carré sur la grande plaque.

» Suivant la même proportion, la pression du même vent sur la surface d'un édifice exposé ne dépassera pas 1^{kg} par $0^{mq},30$ de surface, pression plus probable que celle qui résulterait d'un calcul basé sur l'unité de pression observée sur un anémomètre. Portée à la surface énorme d'une planète, sa résistance ne s'élèvera probablement qu'à $\frac{1}{1000}$ de celle qui résulterait des lois de résistance encore admises par les physiciens et basées sur l'idée d'un choc réel, tandis que, suivant la loi développée par M. Froude, le fluide résistant (sans limites) ne fait qu'une oscillation élastique latérale de peu d'intensité pour laisser passer le corps solide. L'atmosphère de notre Terre, au lieu d'être balayée, pourrait produire l'effet utile de remplir les vides en avant et en arrière et de jouer pour ainsi dire le rôle de matière lubrifiante. Si ces recherches physiques toutes récentes ne sont pas sans

valeur, il en résulterait, pour le mouvement des planètes dans un milieu élastique et très raréfié, une résistance qui serait une fraction de celle qu'on était en droit de lui attribuer jusqu'ici.

» Qu'il me soit permis, avant de conclure, d'ajouter aux arguments déjà émis en faveur de mon hypothèse, les preuves suivantes : les gaz contenus dans les aérolithes qui tombent souvent sur notre Terre, la lumière zodiacale, les extensions équatoriales observées en Amérique à l'occasion de l'éclipse totale en 1880; les recherches spectroscopiques récentes du capitaine Abney, accusant la présence de l'hydrogène carburé dans les atmosphères solaire et terrestre, etc. Je citerai aussi les belles observations, sur le Soleil même, faites par M. R.-C. Carrington, décrites dans son livre *Observations on the spots of the Sun*, 1863. M. R.-C. Carrington a établi, par ces observations importantes, que le mouvement angulaire de la photosphère n'est pas le même à l'équateur qu'aux pôles. Une révolution s'accomplit en $24^j,9$ à l'équateur, en 26^j à la latitude 25° et en $27^j,4$ à 50°, le retard aux deux pôles étant presque identique.

» A quelle cause pourrait-on attribuer un tel retard, si ce n'est à un courant de matières nouvelles, rentrant sur les surfaces polaires auxquelles le mouvement rotatoire est imprimé par le frottement contre la pénombre, et donnant lieu dans la zone intermédiaire à des tourbillons immenses, les taches solaires.

» On pourrait dire que cette matière, entrant dans la photosphère par les pôles, fait partie d'un mouvement ne dépassant pas l'atmosphère solaire, mouvement semblable à ceux de notre atmosphère. Mais les vents alizés terrestres sont le résultat de l'échauffement de l'air par les rayons solaires dans les tropiques, tandis que dans le Soleil même il n'existe aucune cause de mouvement semblable. On peut, au contraire, dire positivement que, si le Soleil avec son atmosphère se trouvait dans le vide, sa rotation ne produirait d'autre effet qu'une excentricité modérée dans le sens vertical à l'axe de rotation; mais, cette excentricité une fois établie, il ne resterait plus aucune cause de mouvement dans une direction tangentielle. Donc l'accélération qu'on observe dans la photosphère fournit, à mon avis, la preuve incontestable d'un grand courant de matières gazeuses, arrivant aux surfaces polaires et formant un vaste fleuve superficiel qui passe à l'équateur et, de là, dans l'espace universel. En l'absence d'une force opposée, ce vaste courant s'élancera au delà même des planètes et arrivera à faire partie de la matière interstellaire. Il est donc probable qu'il se passera

des siècles avant que les atomes qui sortent aujourd'hui du Soleil à l'état de combinaison y rentrent sous une forme désagrégée.

» J'espère que le désir de défendre mon hypothèse contre la critique de M. Hirn me servira d'excuse pour la longueur de ma réponse. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Tisserand.* Note de M. **Stieltjes**, présentée par M. Hermite.

« J'ai été conduit à la généralisation suivante de la formule donnée dans ma Communication précédente.

» Posons

$$(1)\quad \left\{ \begin{aligned} P^{(n)}(p, x) = 2^n \frac{\Pi\left(n + \frac{p-3}{2}\right)}{\Pi(n)} \Bigg[x^n &- \frac{n(n-1)}{2(2n+p-3)} x^{n-2} \\ &+ \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{2.4.(2n+p-3)(2n+p-5)} x^{n-4} - \ldots \Bigg], \end{aligned} \right.$$

n étant un nombre entier, non négatif, p un nombre quelconque.

» On a, en particulier,

$$P^{(n)}(1, x) = \frac{2}{n} \cos nu, \qquad x = \cos u,$$

$$P^{(n)}(2, x) = \sqrt{n} X_n,$$

$$P^{(n)}(3, x) = \frac{\sin(n+1)u}{\sin u}.$$

» Je remarque que, en accord avec la définition (1), on doit prendre, dans les formules suivantes:

$$n P^{(n)}(1, x) = 1 \quad \text{pour} \quad n = 0.$$

» Ces polynômes ont été étudiés, sous le nom de *fonctions sphériques d'ordre p*, par M. Heine, et l'on a

$$\frac{\Pi\left(\frac{p-3}{2}\right)}{(1 - 2\alpha x + \alpha^2)^{\frac{p-1}{2}}} = \sum_0^\infty \alpha^n P^{(n)}(p, x),$$

$$-\log(1 - 2\alpha x + \alpha^2) = \sum_1^\infty \alpha^n P^{(n)}(1, x$$

» Faisons maintenant

$$(2)\qquad X = x\cos u\cos u' + y\sin u\sin u';$$

alors je dis qu'on aura

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} P^{(n)}(p, X) = \Sigma\Sigma c_{i,k}(\cos u\cos u')^i(\sin u\sin u')^k \\ \times \mathfrak{F}\left(\frac{i+k-n}{2}, \frac{i+k+n+p-1}{2}, k+\frac{p+1}{4}, \sin u^2\right) \\ \times \mathfrak{F}\left(\frac{i+k-n}{2}, \frac{i+k+n+p-1}{2}, k+\frac{p+1}{4}, \sin u'^2\right) \\ \times P^{(i)}\left(\frac{p-1}{2}, x\right) P^{(k)}\left(\frac{p-1}{2}, y\right). \end{aligned}\right.$$

» La sommation s'étend à toutes les valeurs entières non négatives de i et de k, qui rendent $n-i-k$ pair et non négatif.

» La valeur de la constante numérique $c_{i,k}$ est la suivante :

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} c_{i,k} = \left(i+\frac{p-3}{4}\right)\left(k+\frac{p-3}{4}\right) \\ \times \frac{\Pi\left(\frac{n-i+k}{2}+\frac{p-3}{4}\right)\Pi\left(\frac{n+i+k+p-3}{2}\right)}{\Pi\left(\frac{n-i-k}{2}\right)\Pi\left(k+\frac{p-3}{4}\right)\Pi\left(k+\frac{p-3}{4}\right)\Pi\left(\frac{n+i-k}{2}+\frac{p-3}{4}\right)}. \end{aligned}\right.$$

» Pour $p=3$, $n=n'$, on retrouve la formule de M. Tisserand.

» Si l'on pose $n=n'=0$, tous les termes dans lesquels k n'est pas égal à zéro disparaissent, et l'on obtient le développement de $P^{(n)}(p, x)$ suivant les polynômes $P^{(i)}\left(\frac{p-1}{2}, x\right)$. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension du problème de Riemann à des fonctions hypergéométriques de deux variables.* Note de M. **É. Goursat**, présentée par M. Hermite.

« Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie dans sa séance du 13 novembre, j'ai défini certaines fonctions de deux variables indépendantes x et y, d'après la manière dont ces fonctions se comportent dans le voisinage des valeurs singulières de x et de y; j'ai montré que toute fonction remplissant ces conditions vérifiait deux équations linéaires du quatrième ordre (1) et (2), ne contenant chacune que les dérivées de z par rapport à l'une des variables, et dont les coefficients ne renferment aucun

paramètre arbitraire. En comparant l'équation (1) avec une équation obtenue antérieurement par M. Appell, j'en ai conclu que les équations (1) et (2) étaient vérifiées par toute intégrale commune aux deux équations simultanées aux dérivées partielles :

$$(3)\qquad \begin{cases} (x-x^2)r+ys+[\gamma-(\alpha+\beta+1)x]p-\alpha\beta z=0, \\ (y-y^2)t+xs+[\gamma-(\alpha'+\beta'+1)x]q-\alpha'\beta' z=0, \end{cases}$$

p, q, r, s, t désignant, suivant l'usage, les dérivées partielles

$$\frac{\partial z}{\partial x},\quad \frac{\partial z}{\partial y},\quad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2},\quad \frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y},\quad \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}.$$

Le but de la présente Note est de démontrer en toute rigueur les conclusions que ma dernière Communication laissait entrevoir, c'est-à-dire que les équations (1) et (2) n'admettent pas d'autre intégrale commune que les intégrales communes aux équations (3).

» Désignons toujours par z une fonction des deux variables x et y, jouissant des propriétés énoncées; une telle fonction devra vérifier un système d'équations linéaires aux dérivées partielles de la forme suivante :

$$(4)\qquad \begin{cases} r=a_1 s+a_2 p+a_3 q+a_4 z, \\ t=b_1 s+b_2 p+b_3 q+b_4 z, \end{cases}$$

les a et les b étant des fonctions rationnelles de x et y, dont il serait aisé de trouver la forme. On pourrait alors, partant des équations (4), former deux équations du quatrième ordre, ne contenant l'une que les dérivées par rapport à x, l'autre que les dérivées par rapport à y, et, en écrivant qu'elles sont identiques aux équations (1) et (2), on déterminerait ainsi les coefficients inconnus qui entrent dans les a et les b. Mais il nous suffira de démontrer que ces fonctions a et b sont entièrement déterminées, sans que nous ayons besoin de les calculer. Je remarque pour cela que, si z est une fonction répondant à la question, $\frac{\partial z}{\partial x}$ jouit, relativement aux points critiques, des mêmes propriétés que la fonction z elle-même; $\frac{\partial z}{\partial x}$ doit donc vérifier un système d'équations (1') et (2'), analogues aux équations (1) et (2), et que l'on déduirait de ces dernières par le changement de α, β, γ en $\alpha+1$, $\beta+1$, $\gamma+1$; $\frac{\partial z}{\partial y}$ vérifierait également un système d'équations (1'')

et $(2'')$ que l'on obtiendrait en changeant α', β', γ en $\alpha'+1$, $\beta'+1$, $\gamma+1$, et il en serait de même pour $\frac{\partial^2 z}{dx^2}$, $\frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y}$, $\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$.

» Ceci posé, soient F_1, F_2, F_3, F_4 quatre intégrales linéairement indépendantes des équations (4); les a sont donnés par les équations

$$\begin{gathered}
\frac{\partial^2 F_1}{\partial x^2} = a_1\frac{\partial^2 F_1}{\partial x\,\partial y} + a_2\frac{\partial F_1}{\partial x} + a_3\frac{\partial F_1}{\partial y} + a_4 F_1,\\
\frac{\partial^2 F_2}{\partial x^2} = a_1\frac{\partial^2 F_2}{\partial x\,\partial y} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,
\end{gathered}$$

et les b par des équations analogues. Considérons, par exemple, la valeur de a_1

$$a_1 = \frac{\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F_1}{\partial x^2} & \frac{\partial F_1}{\partial x} & \frac{\partial F_1}{\partial y} & F_1 \\ \frac{\partial^2 F_2}{\partial x^2} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F_1}{\partial x\,\partial y} & \frac{\partial F_1}{\partial x} & \frac{\partial F_1}{\partial y} & F_1 \\ \frac{\partial^2 F_2}{\partial x\,\partial y} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix}}.$$

Regardons, dans cette expression, y comme constant; F_1, F_2, F_3, F_4 deviennent quatre intégrales de l'équation (1); de même $\frac{\partial F_1}{\partial x}$, $\frac{\partial F_2}{\partial x}$, $\frac{\partial F_3}{\partial x}$, $\frac{\partial F_4}{\partial x}$, puis $\frac{\partial F_1}{\partial y}$, $\cdots$ deviennent respectivement des intégrales d'équations linéaires du quatrième ordre, ne renfermant aucun paramètre arbitraire. On voit de plus que la valeur de a_1 ne change pas quand on remplace les éléments d'un système fondamental par ceux d'un autre système fondamental, le numérateur et le dénominateur étant multipliés par un même facteur constant. Ainsi, quand on donne à y une valeur particulière, a_1 devient une fonction bien déterminée de x. Tout pareillement, si l'on attribue à x une valeur constante, a_1 devient une fonction bien déterminée de y; a_1 est donc une fonction de x et de y qui est complètement déterminée, et l'on démontrerait qu'il en est de même des autres coefficients a et b.

» Puisqu'il ne peut y avoir qu'un système d'équations de la forme (4) dont les intégrales vérifient les équations (1) et (2), ce système est forcément identique à celui des équations (3), trouvées par M. Appell. Il est

donc établi, ce qui était l'objet final de cette étude, que ces équations (3) sont complètement définies par la forme de leurs intégrales dans le voisinage des valeurs singulières de x et de y. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur un nouvel intégromètre*. Note de M. **Br. Abdank-Abakanowicz.**

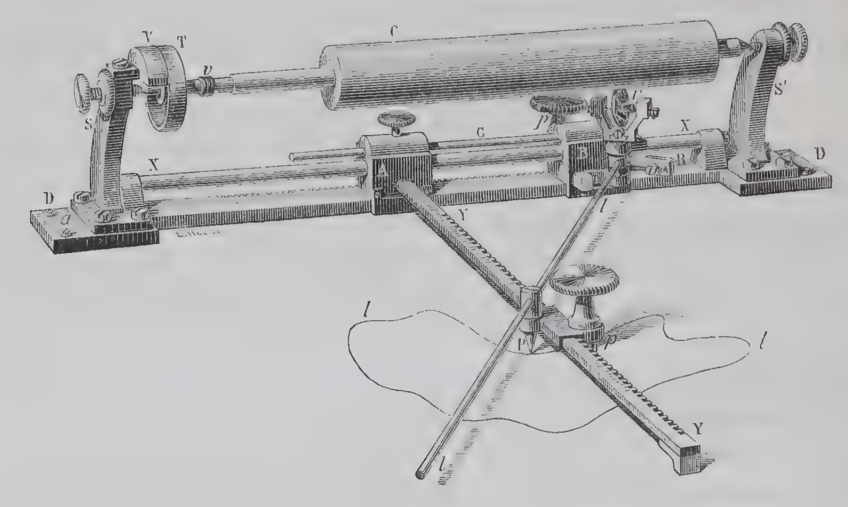
« J'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie quelques intégrateurs basés sur un nouveau principe cinématique (vis à pas variable). Je me permets de lui soumettre un appareil nouveau, un intégromètre dont le principe est le même et qui n'est qu'une modification de l'intégrateur à un cylindre et un disque, que j'ai construit en 1879 dans le laboratoire de Physique de l'École Polytechnique de Lemberg et que j'ai déjà présenté à l'Académie. Les deux appareils ne diffèrent en rien l'un de l'autre, comme principe : je me reporte donc, pour la théorie, à ce qui a été publié dans les *Comptes rendus* (¹).

» Mon intégromètre présente l'avantage qu'il n'y a pas de *glissement* d'une roulette sur une surface, comme dans les planimètres connus; un disque *roule* sur un cylindre, sans jamais glisser. Il en résulte que la cause principale des erreurs est éliminée, et la précision de l'intégration ne dépend que de la précision dans la construction du cylindre. Or, comme il est possible de tourner en métal un cylindre s'approchant d'une forme géométriquement exacte, les résultats que j'obtiens sont d'une grande précision.

» La figure ci-jointe représente l'intégromètre. Sur une règle DD, qui se fixe au moyen de punaises sur le plan du dessin, sont fixés les paliers S, S', qui portent entre des pointes un cylindre C. Sur un chariot B, se mouvant le long de la tige XX, est monté le disque r. La tige l, qui fait dévier le plan du disque r, est posée dans le plan de r au moyen de vis de réglage montées sur le levier R. Un autre chariot A porte une règle YY perpendiculaire à XX. Les deux chariots sont réunis ensemble au moyen de la tige g, et leur distance peut être changée à volonté. Sur la règle DD, ainsi que YY, sont taillées des crémaillères, dans lesquelles engrènent les pignons p et p'. Si l'on fait tourner le pignon p, le chariot B avance, ainsi que le chariot A qui est solidaire avec B. Le disque r, porté par le chariot B et pressé par un ressort contre la surface du cylindre, se meut alors le long d'une généra-

(¹) *Comptes rendus*, 27 février 1881, 7 mars 1881 et 20 mars 1882.

trice, et le cylindre tourne en roulant sur le disque, avec une vitesse proportionnelle à la tangente de l'angle formé par *ll* et XX. On lit le nombre des tours sur un compteur placé sur la vis sans fin *v* (ce compteur n'est pas



représenté sur la figure), et les fractions sur le tambour T, muni d'un vernier V.

» En faisant tourner le pignon *p'*, on fait mouvoir un chariot le long de YY. Ce chariot porte un axe vertical, terminé par une pointe P. Dans un trou pratiqué dans cet axe, passe la tige *l*. Or, si l'on fait glisser le chariot, on varie l'inclinaison de la tige *l*, ainsi que du disque *r*.

» En faisant tourner les deux pignons en même temps, on imprime au triangle ABP une translation, et l'on fait varier sa hauteur AP. L'appareil est muni de toutes les vis de réglage nécessaires pour mettre toutes les parties de l'intégromètre dans leur position exacte.

» Pour trouver la surface d'une courbe *ll*, on suit cette courbe avec la pointe P, en faisant tourner le pignon *p* par une main, et *p'* par l'autre. On obtient la surface en multipliant le nombre des tours du cylindre par une constante, fonction de la distance entre A et B.

» Le maniement de l'appareil demande une certaine habitude, mais le résultat obtenu est très exact, parce qu'il n'y a pas de glissement et que l'inertie des parties mobiles n'entre pas en jeu dans cette disposition des deux pignons (¹).

(¹) Pour l'emploi courant, la maison Lenczewshi et Cie, à Paris, construit des appareils simplifiés où les chariots sont montés sur des roulettes, et l'on n'a qu'à suivre directement la courbe avec la pointe P pour obtenir l'entraînement de ces chariots.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un mode de transformation des figures dans l'espace.* Note de MM. VANECEK, présentée par M. de la Gournerie. (Extrait.)

« 1. Considérons d'abord la courbe L qui doit être transformée ([1]), par rapport à la surface fondamentale F, à la courbe M et à la surface auxiliaire P. La courbe L se transforme, comme nous l'avons vu, en une courbe R d'ordre $4lmp$; L, M, P étant respectivement d'ordre l, m, p.

» 2. Supposons que le point a est un point multiple d'ordre l_1 sur la courbe L. Son plan polaire A est par conséquent aussi multiple d'ordre l_1. Ce plan coupe la courbe M en m points dont les plans polaires coupent A en m droites A multiples d'ordre l_1.

» Chaque telle droite perce la surface P en p points auxquels correspondent, sur les droites A, p autres points de la courbe inverse R.

» Nous voyons que le point a se transforme en mp points multiples d'ordre l_1 qui sont distribués p à p sur les m droites situées dans le plan polaire du point a.

» La même chose a lieu quand le point a se trouve sur la courbe M. Les points dérivés sont distribués p à p sur l droites du plan A.

» 3. Le point a est un point multiple d'ordre l_1 et le point fondamental de la courbe L.

» Dans ce cas, toutes les droites A de l'article précédent passent par le point a, qui est par suite un point multiple $l_1 mp$ de la courbe inverse R.

» Si le point a se trouve sur M, étant le point fondamental et d'ordre m_1, il se transforme en un point multiple d'ordre $lm_1 p$.

» 4. Le point a est le point d'intersection de deux courbes L, M. Le point a, comme appartenant à la courbe L, se transforme en mp points situés p à p sur m droites du plan polaire A. Si nous considérons le point a comme appartenant à la courbe M, il se transforme en lp points situés p à p sur l droites du même plan.

» Nous recevrons alors $p(l+m)$ points de la courbe inverse R, distribués p à p sur $(l+m)$ droites du plan A, qui est le plan polaire du point donné a.

» 5. Supposons que le point a soit un point multiple d'ordre l_1 sur L et le point multiple d'ordre m_1 sur M.

([1]) *Comptes rendus*, t. XCIV, 29 mai et 12 juin 1882.

» Le plan polaire A du point a, étant un plan multiple d'ordre l_1, coupe la courbe M en m points, auxquels correspondent m droites situées dans le plan A, qui sont, par conséquent, les droites multiples d'ordre l_1. Chacune de ces lignes perce la surface P en p points, dont les points correspondants se trouvent sur lesdites droites, et ils sont les points multiples d'ordre l_1. Il y en a mp.

» En considérant le point a comme appartenant à la courbe M, nous recevrons de même les points de la courbe inverse R, qui sont les points multiples d'ordre m_1 et dont le nombre est lp.

» Nous voyons donc que le point a se transforme en mp points multiples d'ordre l_1 et en lp points multiples d'ordre m_1. Ces points sont distribués p à p sur $(l + m)$ droites d'un même plan A.

» 6. Examinons le cas où les deux courbes L, M se coupent en un point fondamental, c'est-à-dire sur la surface fondamentale F. Cherchons le caractère de ce point après la transformation.

» Pour résoudre le problème donné, supposons un plan P et deux droites L, M qui se coupent sur la surface F au point a.

» Les plans polaires des points des droites L, M font deux faisceaux dont les arêtes sont les droites polaires L', M' de L, M. Les droites L', M' se coupent au pôle s du plan S des deux droites données L, M, et elles se trouvent dans le plan polaire A du point a.

» Les plans correspondants des deux faisceaux (L'), (M') des plans, qui ont le plan A commun, se coupent sur un plan T aux droites qui forment un faisceau (s).

» Les plans polaires des points de la droite T d'intersection du plan T avec le plan P font un faisceau (T') projectif au faisceau (s) des droites. Les faisceaux (s), (T') engendrent donc une conique T dans le plan T.

» Cette conique T passe par les points, comme nous allons le dire. Le plan T coupe F en une conique D qui coupe les droites T et S, la dernière étant la droite polaire du point s par rapport à D, en quatre points respectivement : t_1, t_2; s_1, s_2. Par ces points passe la conique T. Nous trouvons ainsi la transformation connue dans le plan T [1].

» Le faisceau (s) des droites dans le plan A engendre, avec les plans polaires des points de la droite d'intersection A des plans A, P, une autre conique E qui passe par les points a, s et que nous pouvons construire comme précédemment la conique T.

[1] *Sur l'inversion générale* (*Comptes rendus*, t. XCIV).

» La courbe R, dérivée des droites L, M par rapport au plan auxiliaire P, étant du quatrième ordre, dégénère en deux coniques T, E.

» Remplaçons le plan P par une surface générale d'ordre p. La courbe R se décompose toujours en deux courbes planes, chacune d'ordre $2p$. Les plans de ces courbes sont A, T. Revenons au problème posé au commencement de ce paragraphe.

» En prenant les tangentes L, M au point a des courbes L, M, nous obtiendrons une courbe plane A d'ordre $2p$ comme une partie de la courbe dérivée R, et l'autre partie est, par conséquent, d'ordre $2p(2lm-1)$.

» 7. Les courbes L, M se coupent sur la surface fondamentale F en un point a, qui est un point multiple d'ordre l_1 sur L et un point multiple d'ordre m_1 sur M.

» Dans ce cas, nous remplaçons le point multiple l_1 par l_1 tangentes de la courbe L; de même pour la courbe M. Nous recevons, d'après ce qui précède, $l_1 m_1$ courbes d'ordre $2p$ situées dans le plan polaire A du point a. Cette partie de la courbe dérivée R est donc d'ordre $2l_1 m_1 p$, et l'autre partie est, par conséquent, $2p(2lm - l_1 m_1)$.

» 8. La surface P coupe la surface fondamentale en une courbe P. Supposons que la courbe L passe par un simple point a de la courbe P.

» Le plan polaire A de ce point est le plan tangent à la surface fondamentale et coupe M en m points. Considérons un tel point m. Son plan polaire passe par le point a et coupe A en une droite A, laquelle perce la surface P en $(p-1)$ points p et au point a.

» Les plans polaires des points p passent tous par a, qui est, par conséquent, un point multiple d'ordre $(p-1)$ de la courbe dérivée R.

» Pour le point a, nous recevrons la droite A comme une partie de la courbe R. Il y a m droites A, et chacune a la même fonction. Il suit de là que :

» Quand la courbe L passe par un point a de la courbe d'intersection de la surface P avec la surface fondamentale, ce point est un point multiple d'ordre $m(p-1)$, et m droites, situées dans le plan tangent en ce point, font une partie de la courbe dérivée R.

» La même chose a lieu quand nous remplaçons la courbe L par M, en changeant les lettres l, m dans ce théorème. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Équilibre d'élasticité d'un solide limité par un plan.* Note de M. **J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant.

« Dans un article du 20 mai 1878 (*Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 1260), j'ai étudié l'équilibre d'un solide homogène et isotrope, limité d'un côté par le plan des xy, s'étendant indéfiniment dans tous les autres sens, de $z=0$ à $z=\infty$, et soumis, sur sa surface $z=0$, à des pressions extérieures dont les composantes par unité d'aire, p_x, p_y, p_z, sont données en chaque point (x_1, y_1); mais je ne m'y suis attaché qu'au cas, particulièrement intéressant, où les pressions extérieures se réduisent à leur composante normale p_z, et j'y ai exprimé, pour ce cas, les déplacements u, v, w produits en un point quelconque (x, y, z) du corps au moyen des dérivées d'un certain *potentiel* $\psi = \int \log(z+r)\,dm$, que j'ai appelé *logarithmique à trois variables*, où paraît la distance r du point (x, y, z) à chaque élément dm d'une matière fictive qui, étalée sur la surface, aurait sa densité $\rho(x_1, y_1)$ (par unité d'aire) proportionnelle à p_z. Depuis, M. Valentino Cerruti a abordé autrement la même question [*Ricerche intorno all'equilibrio de' corpi elastici isotropi* (*Accad. dei Lincei*, 1882)], et il a non seulement retrouvé ma solution de 1878, mais traité aussi le cas d'actions tangentielles p_x, p_y et celui où l'on se donnerait, à la surface, les déplacements u, v, w au lieu des pressions p_x, p_y, p_z. Je me propose de montrer, si l'Académie le veut bien, que les principes posés dans mon article de mai 1878 conduisent, avec une extrême simplicité, aux nouveaux résultats de M. Cerruti.

» L'idée mère de cet article était dans la remarque suivante : Φ désignant une fonction quelconque dont le paramètre Δ_2 soit nul, et en notant d'ailleurs, pour abréger, les dérivées prises par rapport à z au moyen d'accents (par exemple, Φ', Φ'' pour celles de Φ), on a $2\Phi' + \Delta_2(-z\Phi) = 0$, relation qui, différentiée en x, y, z, en donne trois autres immédiatement identifiables aux trois équations indéfinies de l'équilibre d'élasticité, qui sont $\frac{\lambda+\mu}{\mu}\frac{d\theta}{d(x,y,z)} + \Delta_2(u, v, w) = 0$, pourvu qu'on prenne $\frac{\lambda+\mu}{\mu}\theta = 2\Phi'$ et u, v, w égaux aux trois dérivées en x, y, z de $-z\Phi$, augmentées de fonctions, α, β, γ, dont le Δ_2 soit nul. Et comme, en outre, θ doit égaler la somme des trois dérivées respectives de u, v, w en x, y, z, on se trouve satisfaire aux équations indéfinies de l'équilibre en posant

$$(1)\quad (u, v, w) = -\frac{dz\Phi}{d(x,y,z)} + (\alpha, \beta, \gamma), \quad \Delta_2(\alpha, \beta, \gamma, \Phi) = 0, \quad 2\frac{\lambda+2\mu}{\lambda+\mu}\Phi' = \frac{d\alpha}{dx} + \frac{d\beta}{dy} + \gamma'.$$

» Effectuons, dans les trois premières de ces équations, les différentiations indiquées de $z\Phi$, et remplaçons $\gamma - \Phi$ par γ. Nous aurons

$$(2)\quad (u,v,w) = -z\frac{d\Phi}{d(x,y,z)} + (\alpha,\beta,\gamma),\quad \Delta_2(\alpha,\beta,\gamma,\Phi) = 0,\quad \frac{\lambda+3\mu}{\lambda+\mu}\Phi' = \frac{d\alpha}{dx} + \frac{d\beta}{dy} + \gamma'.$$

» On peut, par exemple, y mettre pour α, β, γ les dérivées premières en z de trois fonctions U, V, W ayant leurs Δ_2 nuls, cas où il vient

$$(3)\quad (u,v,w) = (\mathrm{U}',\mathrm{V}',\mathrm{W}') - \frac{\lambda+\mu}{\lambda+3\mu}z\frac{d\left(\frac{d\mathrm{U}}{dx} + \frac{d\mathrm{V}}{dy} + \mathrm{W}'\right)}{d(x,y,z)},\quad \Delta_2(\mathrm{U},\mathrm{V},\mathrm{W}) = 0.$$

» Les trois types d'intégrales que j'ai donnés dans l'article cité se déduisent de (1) en prenant : 1° $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $\Phi =$ la dérivée en z d'une fonction ψ dont le Δ_2 soit nul et $\gamma = 2\frac{\lambda+2\mu}{\lambda+\mu}\psi'$; 2° $\Phi = 0$ et α, β, γ égaux aux dérivées de ψ en x, y, z; 3° $\Phi = 0$, $\gamma = 0$ et $\alpha = -\frac{d\varphi_1}{dy}$, $\beta = \frac{d\varphi_1}{dx}$, où φ_1 désigne une autre fonction ayant également son Δ_2 nul. De plus, j'ai montré que, si l'on superpose, d'une part, le premier type et le deuxième, respectivement multipliés par les inverses de 2μ et de $-2(\lambda+\mu)$, d'autre part, le premier, le deuxième et le troisième, respectivement multipliés par $\frac{1}{2\mu}$, $-\frac{\lambda+2\mu}{2\mu(\lambda+\mu)}$, $\frac{1}{\mu}$, et si, pour éviter toute confusion, on remplace, dans le second cas, ψ par φ, on obtient deux nouveaux types, qu'expriment les formules suivantes, auxquelles j'ai joint les valeurs corrélatives des pressions p_x, p_y, p_z exercées sur les éléments plans normaux aux z :

$$(4)\quad \begin{cases} (u,v) = -\frac{1}{2\mu}\frac{d}{d(x,y)}\left(z\psi' + \frac{\mu}{\lambda+\mu}\psi\right),\quad w = -\frac{1}{2\mu}\left(z\psi'' - \frac{\lambda+2\mu}{\lambda+\mu}\psi'\right) \\ (p_x, p_y) = z\frac{d\psi''}{d(x,y)},\quad p_z = z\psi''' - \psi''; \end{cases}$$

$$(5)\quad \begin{cases} u = -\frac{1}{2\mu}\left[\frac{d}{dx}\left(z\varphi' + \frac{\lambda+2\mu}{\lambda+\mu}\varphi\right) + 2\frac{d\varphi_1}{dy}\right], \\ v = -\frac{1}{2\mu}\left[\frac{d}{dy}\left(z\varphi' + \frac{\lambda+2\mu}{\lambda+\mu}\varphi\right) - 2\frac{d\varphi_1}{dx}\right],\quad w = -\frac{1}{2\mu}\left(z\varphi'' - \frac{\mu}{\lambda+\mu}\varphi'\right); \\ p_x = \frac{d}{dx}(z\varphi'' + \varphi') + \frac{d\varphi'_1}{dy},\quad p_y = \frac{d}{dy}(z\varphi'' + \varphi') - \frac{d\varphi'_1}{dx},\quad p_z = z\varphi'''; \\ \text{d'où } \frac{dp_x}{dx} + \frac{dp_y}{dy} = \left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2}\right)(\varphi' + z\varphi''),\quad \frac{dp_x}{dy} - \frac{dp_y}{dx} = \frac{d^2\varphi'_1}{dx^2} + \frac{d^2\varphi'_1}{dy^2}. \end{cases}$$

Les valeurs (3) de u, v, w, (4) de p_x, p_y, p_z, (5) de $\frac{dp_x}{dx} + \frac{dp_y}{dy}$ et de $\frac{dp_x}{dy} - \frac{dp_y}{dx}$ se réduisent respectivement, pour $z = 0$, à $u = \mathrm{U}'$, $v = \mathrm{V}'$, $w = \mathrm{W}'$, à $p_x = 0$,

$p_y = 0$, $p_z = -\psi''$ et à

$$(6)\ (\text{pour } z=0) \quad \frac{dp_x}{dx} + \frac{dp_y}{dy} = \frac{d^2\varphi'}{dx^2} + \frac{d^2\varphi'}{dy^2} = -\varphi''', \qquad \frac{dp_x}{dy} - \frac{dp_y}{dx} = -\varphi_1'''.$$

» Supposé donc que, dans ces cas respectifs, les valeurs de u, v, w, ou de p_z, ou de p_x et p_y, à la limite $z = 0$, soient données, on aura à choisir pour U, V, W, ou pour ψ, ou pour φ et φ_1, des fonctions qui aient, à la fois, leurs Δ_2 nuls et leurs dérivées premières, seconde ou troisièmes en z égales pour $z = 0$ à des fonctions arbitraires connues de x et de y. Il suffit, pour cela, de prendre des potentiels de la forme $\int f(z, r)\,dm$, relatifs à des masses fictives $\int dm$ étalées sur la surface, savoir soit des *potentiels* ordinaires, soit ce que j'ai appelé un *potentiel logarithmique à trois variables*, $\psi = \int \log(z + r)\,dm$, dont la dérivée en z est un potentiel ordinaire, soit enfin d'autres potentiels que j'ai signalés aussi, $\Psi = \int[-r + z\log(z+r)]\,dm$, dont la dérivée en z est le potentiel logarithmique ψ : ces trois sortes de fonctions ont leur dérivée première, seconde ou troisième en z, égale, pour z nul, au produit de -2π par la densité $\rho(x, y)$. Donc on prendra, dans le cas des équations (3), U, V, W égaux aux potentiels ordinaires de couches ayant pour densités respectives les quotients, par -2π, des valeurs correspondantes données de u, v, w à la surface : ce qui conduira précisément aux formules (41) (p. 23) du Mémoire de M. Cerruti. Dans le cas des équations (4), qui est celui de pressions normales données p_z appliquées à la surface, on fera, comme je l'ai montré dès 1878, ψ égal au potentiel logarithmique d'une couche qui aurait pour densité le quotient de ces pressions p_z par 2π. Enfin, dans le troisième cas, on choisira de même, pour φ et φ_1, des potentiels de la troisième espèce, relatifs à des couches ayant comme densités respectives les quotients par 2π des premiers membres de (6). Et comme il est évident qu'un potentiel d'une matière $\int dm$ étalée sur le plan des xy se différentie en x ou y par la simple différentiation en x_1 ou y_1, sous le signe $\int$, de la densité $\rho(x_1, y_1)$ de la couche (vu que faire croître x de dx revient à remplacer, dans l'intégrale, chaque élément dm par celui dont la coordonnée x_1 dépasse la sienne de dx), on aura $\varphi = \frac{d\Psi_x}{dx} + \frac{d\Psi_y}{dy}$, $\varphi_1 = \frac{d\Psi_x}{dy} - \frac{d\Psi_y}{dx}$, Ψ_x et Ψ_y désignant les potentiels analogues formés en prenant pour densités les quotients par 2π des valeurs données de p_x et p_y. Or les expressions (5) de u, v, w, si l'on y substitue ces valeurs de φ et φ_1, et qu'on les superpose aux valeurs (4) de u, v, w, donnent des formules revenant exactement à celles (58) et (63) (p. 32 et 33) du Mémoire de M. Cerruti. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Interprétation théorique de l'effet produit par une couche mince d'huile, répandue à la surface de la mer, pour calmer l'agitation des flots.* Lettre de M. **Van der Mensbrugghe** à M. le Secrétaire perpétuel.

« Depuis les remarquables expériences de M. Shields, en Écosse, l'attention publique a été appelée sur l'efficacité merveilleuse que possède l'huile, pour calmer les vagues de la mer. J'ai l'honneur d'adresser à l'Académie un résumé des propositions à l'aide desquelles j'ai cru pouvoir expliquer, à la séance du mois d'août de l'Académie royale de Belgique, comment une petite quantité d'huile, étalée sur une grande surface, peut vaincre une quantité énorme de force vive des eaux [1].

» 1. La quantité de travail nécessaire pour augmenter de 1^{mq} la surface libre d'une masse d'eau est d'environ $0^{kgm},0075$; ce travail se trouve emmagasiné, sous forme d'énergie potentielle, dans la couche superficielle fraîche de l'eau; l'épaisseur de la couche où réside cette énergie n'atteint pas $\frac{1}{20000}$ de millimètre.

» 2. Réciproquement, si la surface libre de l'eau diminue avec rapidité, à chaque mètre carré de surface perdue correspond une énergie de mouvement équivalente à $0^{kgm},0075$.

» 3. Isolons, par la pensée, une masse d'eau ayant 1^{mq} de base et 1^{m} d'épaisseur, et concevons qu'une action mécanique, telle que le vent, ramasse rapidement sur elle-même une couche superficielle ayant 1^{mq} de base et $\frac{1}{20000}$ de millimètre d'épaisseur, en mettant à nu une couche fraîche de même étendue; dès lors, l'énergie potentielle de la première couche sera transformée entièrement en énergie de mouvement. Si toutes les couches successives, ayant chacune $\frac{1}{20000}$ de millimètre d'épaisseur, sont également enroulées sur elles-mêmes, l'application du principe des forces vives montre que le mètre cube d'eau peut emmagasiner théoriquement un travail de 150000^{kgm}, capable d'imprimer à la masse totale une vitesse de $54^{m},2$.

---

[1] J'exprime formellement le vœu que des essais soient tentés à l'embouchure de la Seine, dans le but de vérifier si réellement, comme le font présumer les faits déjà connus et ma théorie de l'énergie potentielle des surfaces liquides, une quantité relativement minime d'huile peut empêcher les effets désastreux du mascaret. En cas de réussite, l'emploi de l'huile s'imposerait, pendant les tempêtes, dans les ports, dans le voisinage des phares, dans les endroits dangereux des côtes, etc.

» 4. Si une couche superficielle d'eau, ayant 1^{mq} de surface, glisse, par l'action du vent, sur une couche voisine de même étendue, celle-ci, étant recouverte par la première, perd son énergie potentielle, mais acquiert une quantité équivalente d'énergie de mouvement; si l'action du vent fait glisser une nouvelle couche sur l'ensemble des deux premières, il se développe de nouveau une force vive équivalente à l'énergie potentielle de la surface libre perdue, et ainsi de suite.

» 5. Supposons maintenant qu'une couche d'eau pure glisse sur une couche voisine recouverte d'huile; dès lors l'énergie potentielle ($0^{kgm},0055$) de l'eau, recouverte d'une mince couche graisseuse, se trouve remplacée par l'énergie potentielle de la surface libre de l'eau pure ($0^{kgm},0075$), énergie augmentée de celles des deux surfaces de contact de la mince couche d'huile submergée avec l'eau inférieure et avec l'eau supérieure (chacune de ces dernières énergies vaut, d'après les mesures de M. Quincke, $0^{kgm},002$); donc le glissement de la couche d'eau pure sur la couche huileuse a produit *un gain* d'énergie potentielle de $0^{kgm},006$ par mètre carré; mais, à un pareil développement d'énergie potentielle, correspond nécessairement une perte équivalente de force vive; voilà pourquoi les vagues doivent rapidement perdre leur force, dès qu'elles atteignent une couche huilée.

» Telles sont les propositions bien simples qui me permettent de rendre compte d'un phénomène connu depuis l'antiquité, mais qui, en raison même de sa singularité, n'a pas encore reçu les précieuses applications qu'il mérite. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les moteurs électriques.* Note de M. **Marcel Deprez.**

« Dans une précédente Communication, j'ai montré le parti que l'on pouvait tirer, dans la théorie des moteurs électriques, d'un élément nouveau auquel j'ai donné le nom de *prix de l'effort statique,* et qui est indépendant de la résistance des fils enroulés sur le moteur (pourvu que leur forme extérieure et leur volume restent invariables), ainsi que de l'état de repos ou de mouvement de ce moteur. Ce dernier point a été contesté. Je crois donc utile de faire connaître l'expérience fondamentale qui permet de constater que, lorsqu'un courant traverse un moteur électrique ayant pour organe principal l'anneau sectionné de Pacinotti, l'effort tangentiel exercé sur l'anneau par les inducteurs est indépendant de l'état de repos ou de mouvement de cet anneau, et qu'il reste invariable, quelle que soit la vi-

tesse, lorsqu'on maintient le courant constant. Réciproquement, si le couple résistant appliqué à l'anneau est maintenu constant, le courant sera, par cela même, maintenu constant, quels que soient les moyens employés pour le faire varier.

» Voici comment on dispose l'expérience : On monte, sur l'axe d'une machine dynamo-électrique, un frein dynamométrique, se réglant automatiquement, c'est-à-dire capable de maintenir invariable l'effort tangentiel appliqué à la poulie du frein, quelles que puissent être les variations du frottement. Puis on lance dans cette machine un courant emprunté à une source quelconque d'électricité, après avoir eu soin d'intercaler dans le circuit un galvanomètre d'intensité ou ampère-mètre. Un second galvanomètre à fil très résistant est placé en dérivation, sur les bornes de la pile ou de la machine qui joue le rôle de source d'électricité, pour mesurer la différence de potentiel qui existe entre les bornes de cette machine. Ces dispositions prises, on fait croître graduellement la force électromotrice de la source (en augmentant sa vitesse si c'est une machine dynamo-électrique) et l'on constate que, tant que le moteur électrique n'est pas entré en mouvement, les deux galvanomètres indiquent que l'intensité du courant s'accroît en même temps que la force électromotrice de la source. Mais, à partir du moment où le moteur entre en mouvement, l'aiguille du galvanomètre d'intensité reste invariablement fixée sur la même division, tandis que la force électromotrice de la source et la vitesse du moteur électrique croissent de plus en plus.

» Dans une expérience faite récemment, la source d'électricité était une machine Gramme, et le récepteur une machine Hefner-Alteneck dont le frein était chargé d'un poids de $2^{kg},5$ appliqué à l'extrémité d'un bras de levier de $0^{m},16$. Lorsque ce récepteur commença à tourner, le galvanomètre d'intensité marquait 26 divisions; je fis alors augmenter la vitesse de la machine génératrice et enlever des résistances additionnelles placées dans le circuit; la vitesse du récepteur s'éleva alors à 32 tours par seconde, ce qui correspondait à un travail de 80^{kgm} par seconde, et cependant l'aiguille du galvanomètre d'intensité marquait 27 divisions au lieu de 26.

» Les conclusions de cette expérience s'imposent d'elles-mêmes; elle ne pourrait s'expliquer en effet que de deux façons : soit par un accroissement de résistance de l'anneau de la machine réceptrice, soit par un accroissement de sa force électromotrice, inverse de celle de la source. La première hypothèse n'est plus admise par personne. C'est donc nécessairement grâce à l'accroissement de la force électromotrice inverse développée par la récep-

trice, que cette constance du courant peut avoir lieu. En d'autres termes, si l'on désigne par E et e les forces électromotrices de la source et de la réceptrice, par R la résistance totale du circuit, et par I l'intensité du courant, on a

$$\frac{E - e}{R} = I = \text{const.};$$

R étant invariable, il faut nécessairement que $E - e$ le soit aussi.

» Or, comme je le démontrerai bientôt, l'expérience que je viens de décrire est une conséquence d'une autre loi relative aux machines d'induction: celle de la proportionnalité des forces électromotrices aux vitesses, lorsque le champ magnétique reste constant (et c'est ici le cas, puisque I est constant).

» Il résulte de l'invariabilité de R et de I que le produit RI^2, c'est-à-dire le nombre de calories consommées dans l'unité de temps, dans le circuit, est constante lorsque l'effort statique est lui-même constant, quelle que soit la vitesse de l'anneau.

» Les deux lois que je viens d'énoncer : celle de l'indépendance de l'action mécanique du courant, par rapport à l'état de repos ou de mouvement de l'anneau, et celle de la proportionnalité des forces électromotrices aux vitesses (lorsque, bien entendu, l'intensité du courant est constante) sont-elles *rigoureusement exactes?* L'expérience que je viens de décrire prouve, en tout cas, qu'elles sont vraies dans des limites pratiques très larges. Celui qui, pour les déclarer fausses, alléguerait qu'elles ne sont pas *rigoureusement* vérifiées, tomberait dans la même erreur que celui qui ne voudrait admettre ni la loi de Mariotte, ni les lois de Kepler, ni la sphéricité des planètes, sous le prétexte qu'elles ne sont pas *rigoureusement* exactes. J'ajouterai, en terminant, que la proportionnalité des vitesses aux forces électromotrices a servi de point de départ à toutes les recherches de M. Frölich sur les machines dynamo-électriques et qu'il a été amené à déclarer que cette loi était applicable à tous les types de machines, pratiquement parlant, bien entendu. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Expressions générales de la température absolue et de la fonction de Carnot.* Note de M. G. Lippmann.

« **1.** On sait que l'échelle des températures dites *absolues* est la seule employée en Thermodynamique, et que cette échelle sert à exprimer d'une manière plus simple le principe de Carnot, sur lequel elle est fondée. On peut, avec sir W. Thomson, donner la définition physique suivante des températures absolues. Soient Q et Q' les quantités de chaleur mises en jeu

par une machine thermique réversible quelconque, fonctionnant entre deux températures particulières : on sait que le rapport $\frac{Q}{Q'}$ ne dépend que des températures considérées ; ce rapport caractérise donc leur intervalle, et peut leur servir de mesure. Dans ce système, chaque intervalle de température est, comme un intervalle musical, mesuré par un rapport, le rapport de deux quantités de chaleur. Les rapports relatifs aux quantités de chaleur prises deux à deux sont seuls définis, et seuls ils interviennent dans les formules où l'on a besoin d'avoir recours à l'échelle absolue. Une série de nombres *proportionnels* aux quantités de chaleur Q, Q', ... constitue donc l'échelle absolue ; l'un d'eux peut être arbitrairement choisi, les autres sont dès lors déterminés. En un mot, les températures absolues T et T' sont définies par l'équation

$$\frac{Q}{T} - \frac{Q'}{T'} = 0. \tag{1}$$

» **2.** Cela posé, je me propose ici d'exprimer la température absolue en fonction des propriétés thermiques d'un corps quelconque. Soit x l'indication d'un thermomètre arbitrairement choisi et gradué arbitrairement, mis en contact du corps considéré ; soit y une variable indépendante de x (pression, volume, etc.) qui achève avec x de déterminer l'état du corps ; soit dq la quantité infiniment petite de chaleur absorbée par la variation dx, dy. Posons

$$dq = P\,dx + Q\,dy, \tag{2}$$

et admettons que l'on ait déterminé expérimentalement ou d'une autre manière toutes les valeurs de P et Q entre certaines limites de x et y. Le problème consiste à trouver T en fonction des valeurs de P et de Q.

» A cet effet remarquons que, d'après un raisonnement bien connu de M. Clausius, il résulte de l'équation (1) que l'on a $\int \frac{dQ}{T} = 0$ pour tout cycle réversible fermé, et que par suite $\frac{1}{T}$ est un facteur intégrant de dq. En divisant (2) par T et en écrivant la condition d'intégrabilité, on a

$$\frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial x} = -\frac{1}{T}\left(Q\frac{\partial T}{\partial x} - P\frac{\partial T}{\partial y}\right). \tag{23}$$

» Or la valeur cherchée de T est une fonction de la température indépendante de y. Donc $\frac{\partial T}{\partial y} = 0$ identiquement. Cette remarque essentielle

permet de résoudre (3) par rapport à T. On a ainsi

$$(4) \qquad \frac{\frac{dT}{dx}}{T} = \frac{\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}}{Q}$$

et, en intégrant,

$$(5) \qquad T = T_0 e^{\int_{x_0}^{x} \frac{\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}}{Q} dx},$$

T_0 est la constante introduite par l'intégration; la valeur de ce coefficient est indifférente, car elle représente la valeur de T que l'on peut arbitrairement attribuer à la température x_0. Le second membre de l'équation (5) est, comme le premier, indépendant du choix de l'échelle arbitraire x; l'intégrale qu'il contient a une valeur indépendante de x, bien que x en soit la limite supérieure. Pour le démontrer, posons $x = \varphi(x')$, φ étant une fonction continue arbitrairement choisie, et remplaçons x en fonction de x' dans l'équation (5). On a d'abord $dx = \varphi' dx'$; on a, en outre,

$$dq = P' dx' + Q\, dy;$$

et, comme P et P' sont définis par la condition que l'on ait

$$(dq)_{y=\text{const.}} = P\, dx = P' dx'$$

pour $dx = \varphi' dx'$; il s'ensuit que $P = P' \frac{1}{\varphi'}$. On a donc, identiquement,

$$\int_{x_0}^{x} \frac{\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}}{Q} dx = \int_{x'_0}^{x'} \frac{\frac{\partial Q}{\partial x'} - \frac{\partial P'}{\partial y} \frac{1}{\varphi'}}{Q} . \varphi' . dx' = \int_{x'_0}^{x'} \frac{\frac{\partial Q}{\partial x'} - \frac{\partial P'}{\partial y}}{Q} dx'.$$

La fonction arbitraire φ' disparaît donc d'elle-même; c'est-à-dire que la valeur de T est indépendante de la manière dont est gradué le thermomètre employé.

» Pour vérifier la formule (5), on peut l'appliquer à des cas particuliers où le résultat est déjà connu. On peut d'abord l'appliquer aux gaz parfaits, en y faisant $y = v$ (v étant le volume); les valeurs de P et de Q sont, dans ce cas, analytiquement connues; on constate que la formule (5) se simplifie, et qu'elle donne dans ce cas l'expression bien connue de T en fonction de la dilatation d'un gaz parfait. Comme seconde vérification, on peut encore désigner par y le volume de l'unité de poids d'un corps quelconque. On a alors $P = c$, $Q = l$, et comme, en vertu du principe de l'équiva-

lence, on a $\frac{\partial l}{\partial x} - \frac{\partial c}{\partial v} = \frac{1}{E} \frac{\partial p}{\partial x}$, p étant la pression et E étant équivalent mécanique de la chaleur, on voit que (5) se réduit dans ce cas à

$$T = T_0 e^{\int_{x_0}^{x} \frac{\frac{\partial p}{\partial x}}{l} dx} = T_0 e^{\frac{1}{E} \int_{p_0}^{p} \frac{dp}{l}};$$

comme, d'autre part, le rendement R d'une machine réversible est égal à $\frac{T - T_0}{T}$, il s'ensuit que

$$R = 1 - e^{-\frac{1}{E} \int_{p_0}^{p} \frac{\partial p}{l}},$$

formule donnée par sir W. Thomson.

3. De l'équation (4) on peut tirer l'expression générale de la fonction de Carnot C_x relative à l'échelle thermométrique x. En effet, d'après la définition de C_x, on a

$$C_x = E \frac{\frac{dQ}{dx}}{Q};$$

par suite, à cause de l'équation (1),

$$C_x = E \frac{\frac{dT}{dx}}{T}.$$

Ainsi la fonction de Carnot, prise par rapport à x, est égale à la dérivée logarithmique de la température absolue prise par rapport à x et multipliée par l'équivalent mécanique de la chaleur. Ce n'est pas l'inverse de T, à moins que x ne soit une fonction linéaire de T. Donc, d'après la formule (4), on a

$$(6) \qquad C_x = E \frac{\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}}{Q}.$$

» Pour vérifier la formule (6), on peut y faire l'hypothèse particulière $y = v$, $x = T$. On retrouve alors une formule que sir W. Thomson a récemment obtenue, par une voie différente, et que ce physicien signale comme très commode et très importante ([1]). »

([1]) Voir W. Thomson, *Reprint of mathematical and physical papers*. Cambridge, 1882, p. 188. Il faut remarquer que l'auteur y représente par la lettre t la température absolue.

ACOUSTIQUE. — *Portée des sons dans l'air.* Note de M. E. **Allard**. (Extrait.)

« Lorsqu'on cherche à établir, pour les portées sonores, une formule analogue à celle qui donne les portées lumineuses, on en est réduit à supposer l'intensité du son proportionnelle à la quantité de travail dépensé pour le produire. C'est ainsi qu'a été fait le calcul de la formule qui va suivre. J'ai déduit, d'un grand nombre d'expériences, des résultats moyens relatifs à six instruments moyens, et concernant le travail T employé à produire le son, en kilogrammètres par seconde, la hauteur du son ou le nombre n de vibrations par seconde, et la portée x en kilomètres. Voici ces résultats :

	T	n	x
Petite cloche	0,33	800	1,89
Grosse cloche	1,44	600	3,04
Cornet à air comprimé	2,5	650	3,37
Sifflet à vapeur	37,5	1500	4,90
Trompette à vibrateur	300	450	7,96
Trompette à sirène	1200	400	9,44

» Ces nombres conduisent d'abord à une conséquence très importante : c'est que l'intensité du son décroît dans l'air beaucoup plus rapidement que ne l'indique la loi du carré des distances. Car, à la distance de leur portée, tous les sons devraient être réduits à une même limite d'intensité, tandis que les valeurs de $\frac{T}{x^2}$, pour les six instruments dont nous nous occupons, deviennent : 0,10, 0,16, 0,22, 1,56, 4,73, 13,46.

» Il est donc nécessaire d'admettre une seconde cause d'affaiblissement du son : on ne peut la trouver que dans l'action même de l'air qui, lorsqu'il n'est pas homogène, réfléchit et disperse une partie des mouvements vibratoires de l'onde. Si b représente le coefficient de transparence acoustique de l'atmosphère, c'est-à-dire la proportion d'intensité sonore que laisse passer une épaisseur de 1^{km} d'air, le travail transmis aux ondes sonores, lequel est une certaine fraction k du travail moteur T, deviendra kTb^x à la distance x ; or, comme le travail d'une onde sonore, à cette même distance, est proportionnel à la masse d'air en mouvement mx^2, et au carré de l'amplitude α de la vibration, le travail des n ondes sonores émises dans une seconde sera $nmx^2\alpha^2$; on aura donc, en égalant ces deux valeurs,

$$kTb^x = nmx^2\alpha^2, \quad \text{d'où} \quad \frac{Tb^x}{nx^2} = \frac{m}{k}\alpha^2.$$

L'amplitude α diminue à mesure que x augmente, et, lorsqu'elle a atteint une certaine limite inférieure α', l'observateur n'éprouve plus de sensation, de sorte que, si l'on pose $\frac{m}{k}\alpha'^2 = \theta$, la portée du son s'obtiendra en résolvant l'équation

$$(1) \qquad \frac{\mathrm{T}\, b^x}{n x^2} = \theta.$$

» Il n'est pas possible de déterminer directement les coefficients θ et b; il faut donc les déduire des résultats des expériences. Le premier peut être considéré comme ayant une valeur à peu près constante. Le second est variable suivant l'état de l'atmosphère. Mais les portées indiquées plus haut, pour six instruments sonores, sont des moyennes obtenues à la suite d'un grand nombre d'expériences, et peuvent être considérées comme correspondant à une valeur moyenne de b. Dès lors, si l'on porte dans l'équation précédente les valeurs de T, n et x qui correspondent aux six instruments, on aura six équations entre θ et b. On reconnaît que ces équations sont toutes à peu près satisfaites par un même système de valeurs, savoir : $b = 0,473$, $\theta = 0,000\,027\,7$, de sorte que l'équation des portées sonores, pour un état moyen de transparence acoustique de l'atmosphère, est

$$(2) \qquad \mathrm{T}(0,473)^x = 0,000\,027\,7\, n x^2 \quad [1].$$

» L'équation des portées sonores conduit à quelques conséquences que je vais me borner à indiquer.

» Les expériences ont fait reconnaître qu'un même son peut avoir, en dehors de l'influence du vent, des portées très différentes, variant par exemple de 2 milles à 15 ou 20 milles marins. Il suffit, pour expliquer ces faits, de supposer le coefficient de transparence acoustique variable entre certaines limites. Ainsi, en donnant à T et à n, dans l'équation (1), les valeurs 1200 et 400 qui conviennent à la trompette à sirène, et en faisant

---

[1] Il faut remarquer que les coefficients de cette équation ont été obtenus au moyen de données un peu incertaines et d'hypothèses plus ou moins contestables; mais, en attendant que des renseignements plus complets permettent d'en établir une définitive, on peut, dans la pratique, employer celle qui vient d'être donnée. J'ajoute qu'elle ne s'applique qu'au cas d'un air calme; mais j'ai déduit des mêmes expériences une formule représentant l'influence du vent sur la portée, lorsque la vitesse est faible. La portée ρ, dans une direction faisant un angle ω avec celle vers laquelle va le vent, est donnée par l'expression $\rho = \frac{1}{1 - 0,5\cos\omega}$, en prenant pour unité celle qui correspond à la direction perpendiculaire au vent.

varier b de 0,088 à 0,889, les portées x, exprimées en milles marins, varient de 2 à 20.

» On peut aussi se rendre compte du travail qu'il faudrait dépenser pour produire du son ayant des portées de plus en plus grandes. Si, dans l'équation (2), on fait $n = 400$, et si l'on donne à x les valeurs en kilomètres qui correspondent à 5, 6 ou 7 milles marins, on trouve, pour le travail en chevaux $\frac{T}{75}$, les valeurs 13, 74 ou 404. On voit combien le travail croît rapidement pour de faibles augmentations de portée.

» L'influence de la hauteur du son sur la portée est facile à déterminer. Si, par exemple, on fait produire par la trompette à sirène des sons correspondant à 300, 375, 450 et 600 vibrations, lesquels forment un accord parfait, on trouve que les portées sont $9^{km},78$, $9^{km},55$, $9^{km},36$ et $9^{km},06$, en supposant, bien entendu, que la quantité de travail employée à produire ces différents sons soit exactement la même. Les différences de portée dans l'étendue d'une octave sont, comme on le voit, peu sensibles [1]. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la réforme de quelques procédés d'analyse, usités dans les laboratoires des stations agricoles et des observatoires de Météorologie chimique.* 4e Mémoire : *Dosage volumétrique des carbonates alcalino-terreux contenus dans les eaux;* par M. **Aug. Houzeau.**

« La méthode repose sur les faits suivants : si, à deux solutions séparées de bicarbonate de chaux et de sulfate de chaux, contenant la même propor-

---

(1) J'indiquerai, en terminant cette Note, les conséquences auxquelles on serait conduit en appliquant aux portées des lumières diversement colorées les mêmes considérations qu'aux portées des sons de différentes hauteurs. La formule des portées lumineuses, en tenant compte du nombre des vibrations, serait $\frac{La^x}{nx^2} = 0,01$, L étant l'intensité lumineuse en carcels, n le nombre de vibrations par seconde rapporté au nombre moyen de 600 trillions, a le coefficient de transparence de l'air et x la portée en kilomètres. Les valeurs de n, pour les différentes couleurs à partir du rouge, sont à peu près : 0,83, 0,88, 0,93, 1,00, 1,08, 1,14 et 1,21. On trouve alors que, si différentes lumières colorées, correspondant à ces nombres, ont la même intensité qu'une carcel, ou représentent la même quantité de travail lumineux, leurs portées, pour la valeur $a = 0,903$, seront, en kilomètres :

$$x = 7,46,\ 7,32,\ 7,18,\ 7,00,\ 6,82,\ 6,67,\ 6,52.$$

La formule précédente explique donc ce fait généralement admis, que la portée va en diminuant du rouge au violet, ou que la transparence de l'atmosphère décroît avec la longueur d'onde des rayons lumineux colorés.

tion de calcaire, on ajoute une quantité semblable d'une solution faible d'acide oxalique, on constate une production d'oxalate de chaux qui apparaît beaucoup plus rapidement dans la première solution que dans la seconde. Il m'a paru possible de mettre à profit cette différence observée dans la vitesse de la réaction pour doser volumétriquement, dans les eaux courantes, les bicarbonates de chaux et de magnésie, associés ou non au sulfate de chaux.

» Toutefois, le mode opératoire diffère sensiblement, selon que les eaux sont simplement bicarbonatées, ou à la fois bicarbonatées et sulfatées.

» PREMIER CAS. — *Eaux bicarbonatées. Mode opératoire.* — A. Dans 100^{cc} d'eau colorée avec 1^{cc} d'une solution alcoolique de cochenille, sur laquelle l'acide carbonique libre n'a pas d'action, on verse goutte à goutte une solution d'acide oxalique titré ($1^{cc} = 28^{mg},6\,C^2O^3, 3HO = 10^{mg},0\,CO^2$) jusqu'à l'apparition, d'ailleurs très facile à saisir, de la teinte jaune, mais stable. Le volume de l'acide oxalique employé fait connaître de suite le poids de l'acide carbonique combiné aux bases à l'état de carbonates neutres. L'oxalate de chaux, recueilli sur un filtre, est dosé volumétriquement à l'aide du caméléon titré ($1^{lit} = 1^{gr},6$ de permanganate de potasse); du poids de l'acide oxalique trouvé, on déduit celui de l'acide carbonique qui lui est équivalent et, par suite, celui de la chaux. En défalquant du poids total de l'acide carbonique trouvé par l'acide oxalique titré celui de l'acide carbonique correspondant à l'oxalate de chaux, la différence fait connaître l'acide afférent au carbonate de magnésie. Les résultats sont exacts pour les eaux qui ne renferment pas de carbonates alcalins, etc.

» B. Le mode opératoire peut encore être simplifié si l'on se contente de résultats approximatifs.

» En effet, en faisant usage d'une burette à bec capillaire, comme je l'ai déjà recommandé dans mon instruction sur l'azotimètre, l'acide oxalique titré peut être versé lentement sur le décilitre d'eau colorée par la cochenille, et l'on arrête l'addition de l'acide dès que l'oxalate de chaux commence à apparaître. Après trois minutes de repos, on filtre; la liqueur passe claire, si le filtre est de bonne qualité. On reprend alors l'addition de l'acide titré jusqu'à l'apparition d'un nouveau trouble, s'il reste encore du bicarbonate de chaux. En un mot, le volume de l'acide oxalique titré, employé pour la précipitation de la chaux, fait connaître le poids du carbonate de chaux; celui qui a été employé pour atteindre la coloration finale jaune, mais stable, donne de suite le poids du carbonate de magnésie. En moins de quinze minutes, on peut arriver à connaître les proportions respectives de

carbonates calcaires et magnésiens contenus dans une eau, avec une approximation quelquefois suffisante. Cependant l'évaluation totale de l'acide carbonique combiné demeure exacte; sa répartition seule laisse à désirer.

» *Exemple :* 100^{cc} d'eau calcaire et magnésienne bicarbonatée ont donné, sans aucune évaporation préalable :

	Carbonate	
	de chaux.	de magnésie.
En douze minutes par la méthode volumétrique	26^{mg},2	29^{mg},6
En dix-huit heures par la pesée......................	23^{mg},9	30^{mg},0

» Deuxième cas. — *Eaux bicarbonatées et sulfatées. Mode opératoire.* — Lorsque ces eaux ne renferment pas de bicarbonate magnésien, le titrage direct par l'acide oxalique donne, de suite et d'une manière exacte, le poids du carbonate de chaux neutre. Mais le résultat est différent lorsqu'il existe du carbonate de magnésie, car l'oxalate soluble de cette base réagit sur le sulfate de chaux. Il faut donc d'abord éliminer le plâtre, avant de procéder à l'essai alcalimétrique par l'acide oxalique. Cette élimination se fait aisément, si au décilitre d'eau à essayer on ajoute un volume convenable d'alcool *saturé d'acide carbonique,* qui, ainsi que je l'ai reconnu, précipite le plâtre, sans toucher aux bicarbonates, alors que l'alcool ordinaire, généralement employé, précipite en outre une fraction importante de ces mêmes bicarbonates.

» Après repos, on décante ou l'on filtre la liqueur alcoolique; puis, on en prélève 100^{cc} qu'on additionne de son volume d'eau distillée, et l'on procède à l'essai alcalimétrique comme il a été dit plus haut.

» Les titrages par l'acide oxalique se font très bien, sans le secours d'un agitateur, dans des matras à fond plat de 0^{lit},5, auxquels on donne un mouvement de rotation, ou mieux dans des vases coniques en verre de Bohême, de même capacité [1]. »

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Des modifications de structure qu'éprouvent les tubes nerveux en passant des racines spinales dans la moelle épinière.* Note de M. L. Ranvier.

« Les tubes nerveux des racines spinales, comme ceux des nerfs périphériques, sont entourés d'une gaine membraneuse (gaine de Schwann)

(1) Quant à l'acide carbonique libre des eaux, on le dose exactement par la méthode volumétrique que j'ai fait connaître en 1876. Dans un prochain travail, je ferai connaître les résultats obtenus par ces méthodes dans l'analyse des eaux du département de la Seine-Inférieure.

et possèdent des étranglements annulaires. En revanche, ainsi que je l'ai montré il y a longtemps déjà ([1]), les tubes qui entrent dans la constitution des centres cérébro-spinaux n'ont ni gaine de Schwann, ni étranglements. On ne sait pas encore quel est le point où disparaît la gaine de Schwann et comment se fait sa disparition. Il est fort probable que la plupart des anatomistes qui, dans ces dernières années, se sont occupés de la structure du système nerveux ont cherché à résoudre ce problème. Axel Key et G. Retzius l'ont posé ([2]); mais, n'en ayant pas trouvé la solution, ils se sont réservé d'y revenir plus tard. Moi-même, je suis préoccupé de cette question depuis mes premières recherches sur le système nerveux, et pourtant je suis arrivé cette année seulement à obtenir des préparations qui me permettent de lui donner une réponse satisfaisante.

» J'ai essayé d'abord d'isoler les tubes nerveux des racines et d'en poursuivre la dissociation au sein de la moelle épinière, mais toujours ils se cassaient au point où ils entraient dans la moelle, lors même que j'avais employé au préalable les meilleurs réactifs fixateurs, l'acide osmique par exemple.

» En deçà du point fracturé, chaque tube nerveux présentait un premier étranglement annulaire. La portion du tube limitée par cet étranglement et par la fracture avait une longueur variable, inférieure ou supérieure à la moitié de celle des étranglements annulaires qui lui faisaient suite. Dans le premier cas, il ne s'y trouvait pas de noyau; dans le second, on y voyait, au-dessous de la gaîne de Schwann, un noyau qui, étant donné ce que l'on sait aujourd'hui de la constitution des nerfs, correspondait vraisemblablement au milieu d'un segment interannulaire.

» Ces premières observations conduisaient à penser que les tubes nerveux des racines spinales doivent avoir au moins un dernier étranglement dans la moelle épinière, et, par conséquent, y conserver leur gaine de Schwann sur une partie de leur trajet. Il n'en est rien; voici comment on pourra s'en assurer : De la moelle épinière d'un chien tout à fait fraîche, on détachera, avec un rasoir, des branches longitudinales dans lesquelles seront comprises des racines, et on les plongera dans une solution d'acide osmique à 1 pour 100. Au bout de quelques heures, lorsqu'elles auront été

([1]) *Sur les éléments conjonctifs de la moelle épinière* (*Comptes rendus*, 1er décembre 1873).

([2]) Axel Key et Retzius, *Studien in der Anatomie des Nervensystems*, Stockholm, 1876, t. II, p. 6.

atteintes par le réactif dans toute leur masse, on les dissociera dans l'eau avec les aiguilles, de manière à en dégager les fibres de racine qu'elles contiennent.

» Ces fibres ainsi préparées ne montrent pas d'étranglements, et leur surface inégale, bosselée, ne laisse voir en aucun point rien qui ressemble à la gaine de Schwann. Sur quelques-unes d'entre elles, on aperçoit un noyau. Ce noyau, au lieu d'être logé dans une dépression de la gaine médullaire, comme dans les tubes nerveux de la périphérie, est simplement appliqué à leur surface; il est compris dans une lame de protoplasma et fait une saillie très accusée. *La gaine de Schwann ne se poursuit donc pas sur les fibres de racine intramédullaires, comme on pouvait le penser* a priori : *ces fibres sont simplement entourées d'une couche de protoplasma dans laquelle; il existe parfois un noyau.*

» En pratiquant la dissociation d'une tranche de moelle fixée par l'acide osmique, on peut arriver à isoler les fibres de racine intramédullaires jusque dans les racines elles-mêmes. C'est là une opération délicate, mais que l'on réussit cependant si l'on dégage les éléments du centre à la périphérie et non de la périphérie au centre. Les fibres nerveuses ainsi isolées sont cylindriques dans la partie de leur longueur qui était comprise dans la racine; mais, en un point qui correspond à la surface de la moelle, elles deviennent irrégulières, et leur diamètre augmente brusquement. N'étant plus maintenue par la gaine de Schwann, leur enveloppe de myéline s'est laissée gonfler par l'eau, malgré la présence de l'acide osmique [1].

» Il est nécessaire de compléter ces premières notions par l'étude de coupes transversales de la moelle épinière dans lesquelles les racines sont comprises. J'ai obtenu des préparations tout à fait démonstratives de la moelle dorsale du veau durcie au moyen du bichromate d'ammoniaque à 2 pour 100. Pour faire ressortir nettement les détails, il faut modifier le procédé de coloration, et cela me conduit à faire connaître aujourd'hui une méthode que j'emploie depuis plusieurs années et qui rend de grands services dans l'étude des centres nerveux.

» Lorsqu'un tissu de l'organisme a été durci par le bichromate d'ammoniaque, le bichromate de potasse ou le liquide de Müller et que les coupes que l'on en obtient ont été colorées fortement au moyen du picrocarminate, on peut les décolorer plus ou moins et même d'une manière

---

[1] A propos du gonflement de la gaine médullaire des tubes nerveux par les solutions d'acide osmique, voir *Leçons sur l'histologie du système nerveux*, t. I, p. 72.

complète en les soumettant à l'action de l'acide formique, mélangé à l'eau ou à l'alcool. En ce qui regarde les coupes de la moelle épinière, après les avoir laissées pendant vingt-quatre heures dans une solution de picrocarminate à 1 pour 100 et les avoir lavées, je les fais séjourner pendant six à dix heures dans un mélange d'alcool ordinaire 2 parties, acide formique 1 partie (en volumes), avant de les monter en préparation dans la résine Dammar.

» Les fibres de la névroglie sont alors complètement décolorées, tandis que les noyaux qu'elle contient présentent encore une coloration rouge vif. Les cylindres-axes sont colorés en rose; la myéline est incolore et d'une grande transparence. Dans la substance grise, les noyaux de la névroglie, les cellules nerveuses et leurs prolongements sont beaucoup mieux dessinés que dans les préparations ordinaires.

» Les tubes nerveux des racines spinales, au point où ils entrent dans la moelle, montrent leur cylindre-axe coloré en rose, leur gaine médullaire incolore et leur membrane de Schwann que marque un double contour. Ce double contour, c'est là le point important, peut être nettement reconnu sur les tubes nerveux au niveau de la pie-mère et même au sein de la couche de névroglie qui entoure la moelle. Mais, vers le milieu de cette couche, ou un peu plus loin et avant d'atteindre sa limite interne, la gaine de Schwann disparaît, et la fibre nerveuse, constituée seulement par le cylindre-axe et la gaine médullaire, n'est plus limitée que par un simple contour.

» En résumé, les tubes nerveux des racines arrivent sans subir de modifications jusqu'à la couche de névroglie qui entoure la moelle. Dans cette couche, ils perdent leur gaine de Schwann, mais le protoplasma qui double cette gaine se poursuit à leur surface et contient même un noyau lorsque le dernier étranglement annulaire est situé à une très petite distance de leur entrée dans la moelle, distance qui doit être inférieure, je le suppose, à la moitié de la longueur d'un segment interannulaire.

» Des observations contenues dans la Note présente et dans celle que j'ai rappelée plus haut, il résulte que les tubes nerveux des centres cérébro-spinaux possèdent, outre leur enveloppe de myéline, une couche limitante représentant la lame protoplasmique qui double la membrane de Schwann dans les tubes nerveux de la périphérie. »

HYDROMÉTRIE. — *Sur la crue actuelle de la Seine.* Note de MM. **G. Lemoine** et **A. de Préaudeau.**

« 27 novembre 1882.

» Des pluies intenses se succédant depuis le commencement de novembre ont produit sur la Seine une crue qui s'aggrave de plus en plus. Les règles établies par M. Belgrand font prévoir, pour l'échelle de Mantes, dès aujourd'hui lundi, pour samedi prochain, un maximum supérieur à la grande crue de mars 1876, jusqu'ici la troisième de ce siècle.

» Pour Paris, la crue sera relativement moins importante : cela tient à ce que les eaux y ont éprouvé une baisse momentanée du 21 au 24 novembre, tandis qu'elles restaient étales à Mantes par suite de l'influence de l'Oise. Le maximum probable prévu pour l'échelle du pont de la Tournelle, d'ici à vendredi prochain, est $5^m,55$: la cote de ce matin était 4^m; en 1876, à cette même échelle, le maximum a atteint $6^m,50$.

» Les affluents les plus importants de la Seine, l'Yonne à Clamecy, et la Marne à Saint-Dizier ne baissent pas encore, de sorte que les prévisions actuelles peuvent subir encore quelques aggravations. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations magnétiques du 11 au 21 novembre 1882.* Note de M. **E. Renou.**

« Des perturbations magnétiques tout à fait exceptionnelles ont été observées, depuis le 11 novembre, aux appareils du Bureau Central météorologique, établis à l'Observatoire du Parc Saint-Maur; nous avons voulu attendre la fin du phénomène pour en indiquer les principaux caractères, comme il a été fait déjà pour les perturbations du 6 au 24 avril et du 2 octobre derniers (1). La discussion des résultats a été faite par M. Th. Moureaux, qui est chargé depuis quelque temps de la partie du service relative aux observations magnétiques.

» On peut distinguer trois périodes.

» *Première perturbation.* — Les boussoles ont commencé à s'agiter dans la nuit du 11 au 12; le lendemain, à partir de 7^h du matin, les oscillations ont graduellement augmenté d'amplitude. A minuit, la déclinaison était seulement de $16° 7'$; le 13 à 4^h du matin, elle s'élevait à $16° 42'$ pour tomber à $16° 0'$ un peu avant 5^h du soir; en même temps la composante horizon-

(1) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 1173, et t. XCV, p. 651.

tale variait de 0,0103 de sa valeur et la composante verticale de 0,0012. Les courbes du 14 accusent encore des déviations notables entre 2^h et 11^h du soir.

» *Deuxième perturbation.* — Cette perturbation est la plus importante, tant par le nombre que par la rapidité et l'amplitude des oscillations. Elle a débuté brusquement le 17 à $10^h 30^m$ du matin, et s'est continuée sans interruption jusqu'au 19 à 6^h du matin. Au moment du début, et le soir depuis $3^h 30^m$ jusqu'après 6^h, les mouvements des boussoles ont été tellement rapides que l'action de la lumière n'a pu se produire nettement, malgré l'extrême sensibilité du papier photographique. Dans la nuit, entre minuit et une heure, l'agitation a été excessive, et l'oscillation d'amplitude maximum s'est produite vers 4^h du matin le 18 : en quarante minutes la déclinaison a varié de $1°10'$ et la composante horizontale de 0,0245; la composante horizontale, moins influencée, a varié seulement de 0,0011. De 6^h du matin à 3^h du soir les courbes changent d'aspect; les aiguilles semblent vibrer, avec des oscillations très rapides, de faible étendue et d'une remarquable uniformité. L'amplitude des oscillations augmente la nuit suivante, puis le calme se rétablit momentanément dans la matinée du 19. L'écart extrême de la déclinaison pendant cette période est de $1°18'$; l'inclinaison a varié d'environ $30'$.

» *Troisième perturbation.* — Le 19, vers 1^h du soir, les boussoles s'agitent de nouveau; les oscillations, faibles d'abord, augmentent peu à peu, mais sont plus lentes que pendant la perturbation précédente. Le 20, la déclinaison varie de $15°58'$ (2^h matin) à $17°4'$ ($6^h 30^m$ matin); la composante horizontale varie de 0,0360 et la composante verticale de 0,0029. Les courbes sont encore extrêmement mouvementées entre midi et 3^h du soir, et les oscillations cessent seulement le 21, vers 11^h du soir.

» Ces perturbations ont été également observées par M. Rayet, à l'Observatoire de Bordeaux.

» Sur les lignes télégraphiques, des courants magnétiques ont troublé ou interrompu momentanément les communications dans toute l'étendue du réseau, principalement en Bretagne et dans le Midi. Ces courants ont été surtout intenses, le 17, à $10^h 30^m$ du matin et de $3^h 30^m$ à 7^h du soir, et, le 18, de minuit à $1^h 30^m$ et de $3^h 50^m$ à $4^h 25^m$ du matin, c'est-à-dire précisément aux moments que nous avons signalés comme correspondant aux plus grandes déviations des courbes tracées par les appareils magnétiques.

» D'après les renseignements parvenus au Bureau Central météorolo-

gique, une magnifique aurore boréale a été visible, le 17, dans toute la France. Indépendamment des observations indiquées dans les *Comptes rendus* de la dernière séance, le phénomène a été observé encore à Douai (M. Desmarets), à Cambrai et, ce qui est plus rare, à Marseille (M. Tarry), Draguignan (M. le Dr Latil), Albi, Grenoble, Valence, Montpellier, Nice (bureaux télégraphiques).

» Cette perturbation sera d'autant plus intéressante à étudier sur une grande étendue de la surface du globe, qu'elle coïncide pour nos régions avec des troubles atmosphériques très importants. Il semble aussi, d'après nos observations, que les taches solaires soient actuellement dans une période de maximum. »

M. le Secrétaire perpétuel communique à l'Académie une nouvelle Note relative à l'aurore boréale du 17 novembre; cette Note, parvenue après la séance de lundi dernier, n'a pu trouver place aux *Comptes rendus,* avec les Communications analogues.

Note de M. Harold Tarry, *Sur l'aurore boréale et l'orage magnétique du* 17 *novembre* 1882.

« L'aurore boréale du 17 novembre 1882 est une des plus remarquables que l'on ait observées en Europe, depuis celle du 4 février 1872. Nous sommes arrivés au maximum de la période de dix à onze ans, qui est à la fois celle des aurores polaires et celle des taches du Soleil, phénomènes qui sont très probablement la conséquence l'un de l'autre, d'après la théorie nouvelle qui donne aux aurores polaires, comme à la lumière zodiacale et aux étoiles filantes, une *origine cosmique*. Nous résumerons, dans cette Note, les observations que nous avons recueillies à Marseille.

» *Phénomènes lumineux.* — L'aurore boréale a été visible dans le ciel, après le coucher du Soleil, jusqu'à $6^h 30^m$ du soir. Elle avait la forme de franges d'un rose clair et a pris bientôt la couleur rouge pourpre, à tel point que l'on a cru au feu et qu'un poste de pompiers a couru pour l'éteindre. Une particularité qui a signalé cette aurore, c'est le passage assez fréquent de traînées lumineuses d'un blanc vif, rappelant les belles étoiles filantes et les bolides.

Orage magnétique.

» Mon attention s'est surtout portée sur l'orage magnétique qui accompagne toujours les aurores polaires, ainsi que je l'ai montré à l'Académie lors des aurores boréales des 9 novembre 1881, 4 février, 10 avril, 7 juillet, 14 et 15 octobre 1882 [1], c'est-à-dire à l'époque du maximum d'intensité de la période précédente. Voici le résumé des observations

[1] Voir *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 1232; t. LXXIV, p. 484, 589 et 1066; t. LXXV, p. 156 et 720.

qui ont été faites au bureau central télégraphique de Marseille (réseau français) et à celui de l'*Eastern Telegraph Company*.

» *Lignes terrestres.* — Les perturbations magnétiques ont eu une intensité plus grande, comme toujours, sur les lignes dirigées de l'ouest à l'est, que sur les lignes dirigées du nord au sud. Il y a eu une *interruption complète* de signaux électriques sur la ligne de Bordeaux à Marseille à $9^h 10^m$ du matin, sur celles de Paris (direct) et de Lyon à $10^h 40^m$. Les contacts qui rendaient toute transmission impossible ont été d'autant plus prolongés que les lignes étaient plus longues.

» M. Brahie, commis principal, qui dirigeait la brigade technique dans la matinée du 17, averti que les appareils étaient arrêtés, profita de l'interruption des transmissions pour organiser des observations régulières de ces perturbations magnétiques sur l'un des fils directs de Paris à Marseille. C'est à son intelligente initiative que l'on doit les chiffres que je vais citer, car le Ministre des Postes et Télégraphes n'a encore donné aucune instruction pour l'observation scientifique et simultanée de ces courants perturbateurs, et je n'ai été averti de la présence de l'orage magnétique que par l'apparition de l'aurore boréale qui en était la manifestation lumineuse.

» Il est à remarquer que les interruptions ont été plus longues et plus fréquentes sur la ligne de Paris à Marseille par le Bourbonnais (Moulins), que sur celle de Paris à Marseille par la Bourgogne (Dijon).

» A $10^h 40^m$ du matin, le 17 novembre, un courant continu positif a parcouru tous les fils sur Paris, sur Clermond-Ferrand et sur Bordeaux, et *encloué* tous les appareils, dont les palettes adhéraient fortement aux électro-aimants.

» Les observations avec le galvanomètre ordinaire de poste [1] ont commencé à $11^h 30^m$ et se sont continuées sans interruption jusqu'à 7^h du soir.

» Comme toujours, on a observé des déviations de l'aiguille tantôt à gauche (courant positif), tantôt à droite (courant négatif), des oscillations tantôt lentes, tantôt brusques et même des sauts immédiats de gauche à droite et réciproquement. Ces derniers ont eu lieu principalement aux heures et avec l'intensité résumées dans le Tableau ci-dessous :

Heures.	Du positif au négatif.	Du négatif au positif.
h m	° °	° °
11.45...	de + 20 à — 5	de — 5 à + 15
12.00...	de + 22 à — 3	»
12.12...	de + 50 à — 20	»
12.25...	de + 8 à — 3	»
3.00...	de + 19 à — 10	»
5.00...	»	de — 12 à + 3
5.00...	de + 3 à — 10	»
5.08...	de + 28 à — 28	de — 28 à + 24
5.15...	de + 27 à — 25	(oscillations continuelles)
5.20...	»	de — 50 à + 20

[1] Comparables par conséquent avec celles que j'ai communiquées en 1871 et 1872. (Voir la Note précédente.)

Heures.	Du positif au négatif.	Du négatif au positif.
$5^h.25^m$...	de + 21° à — 23°	de — 23° à + 16°
5.30...	»	de — 10 à + 10
5.40...	de + 3 à — 12	»
5.46...	»	de — 7 à + 11

» A 6^h du soir, l'employé qui faisait ces observations, M. Fabre, a été remplacé par un autre qui n'a rien signalé de bien saillant; à 7^h du soir, on a cessé ces observations; le travail à ce moment commençait à reprendre sur les divers appareils et les nécessités de l'exploitation passaient avant les observations scientifiques.

» Les deux périodes les plus troublées ont eu lieu de $11^h 40^m$ à $12^h 40^m$ matin et de 5^h à 6^h soir. L'aiguille est restée sur le zéro de la graduation de $12^h 45^m$ matin à $2^h 50^m$ et de 4^h à 5^h, sauf quelques légères déviations vers $4^h 15$.

» A l'*Eastern Telegraph Company*, les observations ont été faites par le Directeur, M. Ternant, sur la ligne terrestre de Londres à Marseille (avec relais à Paris) dans la journée du 17 novembre, de 3^h à 5^h du soir, sur un galvanomètre à fil de coton horizontal dont la résistance est de $4459^{\text{ohms}},4$, avec shunt ou dérivation de $\frac{1}{10}$. En voici le résumé.

» La première observation a donné une déviation de 45 divisions négatives et une durée » d'environ trois minutes retournant graduellement à zéro, puis retournant au côté positif » jusqu'à 40 divisions. Des ressauts soudains ont été également observés du côté positif au » coté négatif et *vice versa*, mais les nécessités des appels n'ont pas permis de les enregis- » trer minute par minute. Néanmoins la ligne a été influencée au point de ne pas pouvoir » servir de 3^h à $7^h 30^m$ du soir.

» Dans les journées des 14, 15 et 16, la ligne avait été semblablement influencée, et com- » plètement interrompue pendant quelques heures du 15. Le travail a d'ailleurs été très » mauvais dans les soirées de ces trois jours-là.

» *Lignes sous-marines.* — Sur la ligne de l'*Eastern Telegraph Company*, allant de Marseille » à Malte avec attache à Bone, l'influence s'est surtout fait sentir à partir de 5^h du soir, » le 16 novembre, et le travail a été presque impossible jusqu'à minuit. Toutefois il n'a » jamais été complètement interrompu, et c'est pour ce motif que des observations galva- » nométriques n'ont pu être prises.

» La ligne de Marseille à Rouen, qui va du nord au sud, a été à peine influencée dans » cette même soirée; quant au câble de Malte à Gibraltar, l'aurore l'a influencé dans la » soirée du 16. Des renseignements vont être demandés à ce sujet. »

» Tels sont les renseignements que je dois à l'obligeance de M. le Directeur de l'*Eastern Telegraph Company*, et qui sont corroborés par les phénomènes analogues observés sur les câbles français de Marseille à Alger, et sur le câble espagnol de Marseille à Barcelone.

» Il en résulte que, tandis que les courants magnétiques des lignes terrestres permettent de prévoir les aurores polaires plusieurs heures à l'avance, ainsi que je l'ai établi très nettement en 1872 [1], ceux qui se produisent dans les lignes sous-marines permettent de les annoncer *plusieurs jours* à l'avance, conséquence qui est non seulement d'un grand intérêt

---

[1] *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 549 et 1066.

scientifique, mais d'un grand intérêt administratif, car l'électricité est tellement entrée dans notre vie, que ces perturbations des lignes télégraphiques, qui arrêtent instantanément sur un continent entier la transmission de la pensée, troublent la vie sociale dans une de ses plus importantes manifestations. »

M. Ch.-V. Zenger adresse, de Prague, une Note portant pour titre « Loi générale des mouvements célestes et des grands phénomènes météorologiques ».

M. P. Guyot adresse, de Nancy, une Note concernant la fabrication de l'alun au moyen de l'alunite calcinée de la Tolfa, par le premier procédé suivi depuis la reprise de l'exploitation industrielle des mines de l'Italie.

M. Delaurier adresse une Note « Sur un nouveau moyen de concentration des rayons solaires ».

La séance est levée à 4 heures et demie. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 20 novembre 1882.

Tout par l'électricité; par G. Dary. Tours, A. Mame et fils, 1883; in-8° illustré. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Annales de la Société géologique de Belgique; t. VIII, 1880-1881. Berlin, Friedlander; Liège, Decq; Paris, F. Savy, 1880-1882; in-8°.

Recueil de Mémoires et Observations sur l'hygiène et la médecine militaires; 2e série, t. IX. Paris, J. Dumaine, 1882; in-8°.

Situation des réseaux téléphoniques, publiée par la Compagnie internationale des téléphones. Paris, P. Dupont, 1882; in-4° oblong.

Observations géologiques faites à Anvers à l'occasion des travaux de creusement des nouvelles cales sèches et de prolongement du bassin du Kattendyk; par P. Cogels et Van den Broeck. Bruxelles, impr. Weissenbruch, 1882; in-8°.

Note sur les levés géologiques de MM. Van Ertborn et Cogels; par Er. van den Broeck. Bruxelles, Weissenbruch, 1882; br. in-8°.

Exposé sommaire des observations et découvertes stratigraphiques et paléonto-

logiques faites dans les dépôts marins et fluvio-marins du Limbourg pendant les années 1880-1881; *par* Er. van den Broeck. Bruxelles, Weissenbruch, 1882; br. in-8°.

La naphtaline en médecine et en agriculture, etc.; par E. Fischer. Paris, E. Leroux; Strasbourg, Trübner, 1882; br. in-8°.

Flora Batava, livr. 253 à 258. Leiden, Brenk et Smits, 1882; 6 livr. in-4°.